Jahrbuch der Naturkunde

Zwölfter Jahrgang 1914

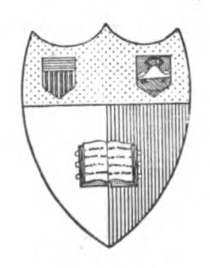
KARL PROCHASKAS ILLUSTR. JAHRBÜCHER

Von Herm. Berdrow



Verlag und Druck von KARL PROCHASKA • Leipzig • Wien • Teschen

Preis 1 Mk. 50 = 1 K 80







»Prochaskas Illustrierte Jahrbücher« bestehen aus folgenden Teilen:

Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen.

Erscheint alljährlich seit 1901. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte.

Erscheint alljährlich seit 1900. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang (Geschichte des Jahres 1904) ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen.

Erscheint alljährlich seit 1902. Die Jahrgänge I—III kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom IV. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde.

Erscheint alljährlich seit 1903. Die Jahrgänge I und II kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom III. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Gesundheit.

Hievon ist ein Jahrgang erschienen, der broschiert 1 Mark, in Leinwand gebunden 2 Mark kostet.

Auf Wunsch werden auch die früher brosch. erschienenen Bände der »Illustr. Jahrbücher« in dem neuen Halbleinen-Einband zum Preise von 1 Mark 50 der Band geliefert.

Prochaskas Illustrierten Jahrbüchern liegt der Gedanke zu Grunde, über die Fortschritte der Kultur auf den wichtigsten Gebieten des modernen Lebens alljährlich eine Revue zu geben, die übersichtlich, allgemein verständlich und derart stilistisch gehalten ist, daß ihre Lektüre eine anziehende, geistbildende Unterhaltung genannt werden kann.

Für jung und alt, für alle Gesellschaftskreise gleich geeignet und gleicherweise interessant, sind diese Jahrbücher eine der empfehlenswertesten Erscheinungen der neueren volkstümlichen Literatur.

Urteile der Presse über Prochaskas Illustrierte Jahrbücher.

Über Land und Meer. Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. „Ein glücklicher Gedanke ist hier in gediegener Weise verwirklicht: ein bequemer Überblick über die technischen Fortschritte in Form eines reich illustrierten Jahrbuchs zu außerordentlich billigem Preis."

Basler Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Endlich haben wir einmal eine gute, billige und ausgezeichnet illustrierte Übersicht alles dessen, was die Naturkunde im Laufe eines Jahres als neue Entdeckungen zu verzeichnen hatte. Es ist eine Freude, die prächtige, für jedermann verständliche Übersicht zu lesen. Jeder Gebildete sollte diese Jahrbücher erwerben und sie nicht nur in seiner Bibliothek aufstellen, sondern auch lesen. Derartige Schriften nützen der Aufklärung unendlich viel mehr als alle kulturkämpferischen Zeitungsartikel. Möchte doch dieses Unternehmen die weiteste Verbreitung in allen Schichten der Bevölkerung finden."

Frankfurter Zeitung. Prochaskas Illustrierte Jahrbücher erfreuen sich einer von Jahr zu Jahr wachsenden Anerkennung, was bei der Gediegenheit des Inhalts und der Ausstattung, sowie dem billigen Preise nicht zu verwundern ist. In der Anlage übersichtlich, in der Darstellung fast durchwegs klar und allgemein verständlich gehalten, ohne irgend trivial zu werden, unterrichten diese Jahrbücher über die in ihnen behandelten Erfahrungs- und Forschungsgebiete mit einer für den Nichtfachmann vollkommen ausreichenden Ausführlichkeit, den Fachmann selbst aber mitunter verblüffenden Gründlichkeit. Bei der ungeheuren Fülle von Eindrücken, die tagaus tagein aus dem Leben, aus Tagesblättern und Zeitschriften auf den wissensdurftigen Kulturmenschen einwirken, ist es für den gewöhnlichen Sterblichen fast unmöglich, Spreu und Weizen zu scheiden und aus dem Vielerlei ein klares Bild zu gewinnen. Da sind denn Führer, wie es Prochaskas Jahrbücher sein wollen, durchaus am Platze. Rückschauend blicken wir noch einmal des Weges entlang, den wir durch lange Monate gewandert sind, und erkennen staunend, daß manches Kleine groß und manches Große klein geworden, alles aber, den Gesetzen der geistigen Perspektive gemäß, nach Möglichkeit gewertet, gesichtet und geordnet ist. So gewinnen wir nachträglich ruhende Pole in den Erscheinungen Flucht — immer vorausgesetzt natürlich, daß wir guten Führern folgen. Und Prochaskas Jahrbücher sind solche Führer.

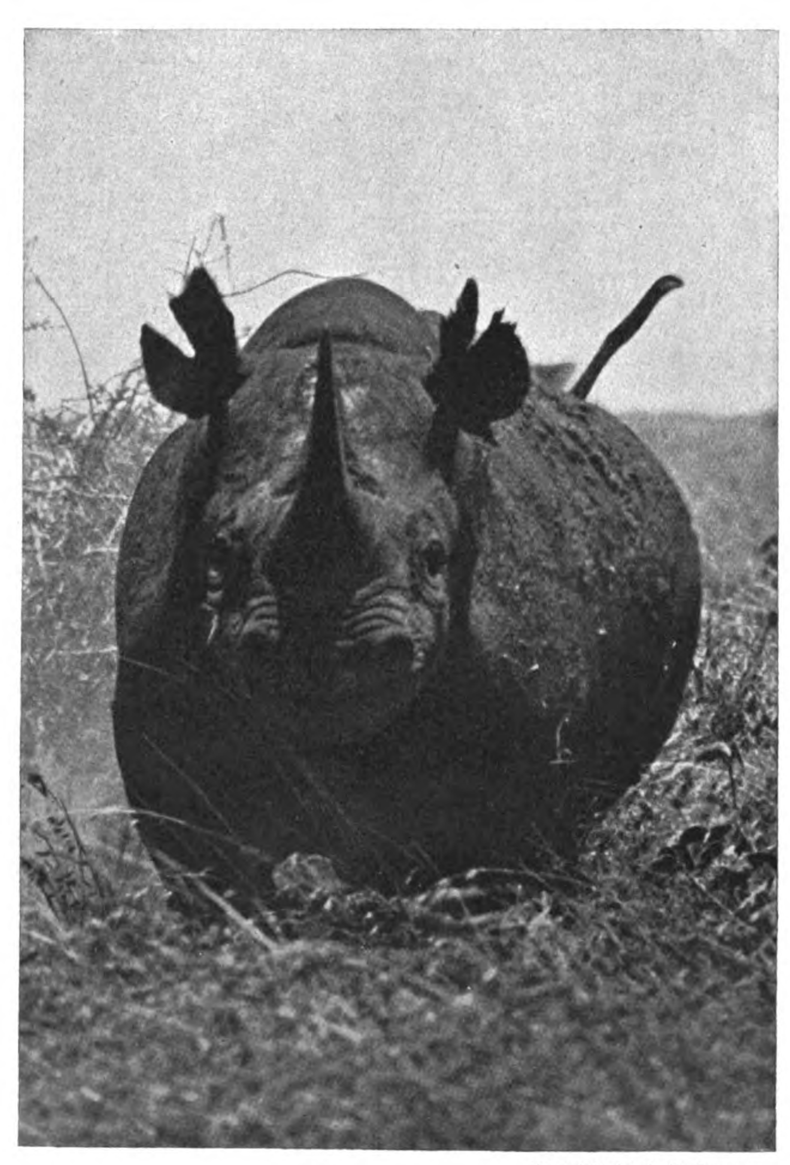
Die Woche. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. „Wir können dem stattlichen Bande kein besseres Geleitwort auf den Weg mitgeben, als den Ausdruck unserer Überzeugung, daß es dem Verfasser gelungen ist, die Worte seines Programms glänzend zu verwirklichen: ‚Nicht ein Urkunden- oder Nachschlagebuch ist, was wir den Lesern bieten, sondern wir wollen ihnen die handelnden Personen, die Kämpfe und Ereignisse in möglichst lebensvollen Bildern vorführen, die Triebkräfte des politischen Lebens aufdecken und den inneren Zusammenhang alles Geschehenen klarmachen.' Die volkstümliche, klare und doch vornehme Haltung des Jahrbuchs werden demselben gewiß viele Freunde und Schätzer gewinnen. Wer eine aller Parteilichkeit entkleidete Schilderung der Ereignisse jedes Jahres wünscht, säume nicht, sich in den Besitz dieses gediegenen ‚Jahrbuchs' zu setzen."

Fortsetzung am Schlusse des Buches.



Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde

Zwölfter Jahrgang.



Angreifendes Nashorn.

(Aus Dugmore: Wald, Wild und Steppe. R. Voigtländers Verlag in Leipzig.)

PROCHASKAS ILLUSTRIERTE JAHRBÜCHER

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde

Zwölfter Jahrgang 1914 Von Herm. Berdrow

Mit einem Titelbild und 63 Abbildungen.



Leipzig
Königstraße 9/11.

Karl Prochaska in Teschen

Wien
Seilerstätte 5.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Weltall und Sonnenwelt.

(Astronomie und Meteorologie.) (Mit 6 Bildern.)

Weltentstehen und Weltvergehen 13
Aus der Fixsternwelt 31
Im Reich der Sonne 36
Meteorologische Fragen 45

Das Antlitz der Erde.

(Geologie und Geophysik.) (Mit 8 Bildern.)

Vulkanismus und Erdbeben 49
Bewegungen in der Erdrinde 67
Die geologischen Zeiträume 79
Größe und Gestalt der Erde 83

Energien und Stoffe.

(Physik, Chemie und Mineralogie.) (Mit 9 Bild.)

Atomlehre und Radioaktivität 85
Vom unfaßbar Kleinen 97
Metalle und Elemente 105
Ein Brückenbau 116

Das Leben und seine Entwicklung.

(Allgemeine Biologie, Entwicklungslehre, Paläontologie.) (Mit 11 Bildern.)

Naturdenkmalschutz 119
Biologische Probleme 129
Die Vererbung und ihre Gesetze 142
Mimikry und Verwandtes 155
Lebewesen der Vorzeit 160

Aus der Pflanzenwelt.

(Botanik.) (Mit 10 Bildern.)

Blüten- und Fruchtbiologie 169
Pflanzenernährung 183
Aussterbende und Ausgestorbene 189

Aus der Tierwelt.

(Zoologie.) (Mit 8 Bildern.)

Denkende Tiere? 193
Seltene und Seltsame 207
Aus der heimischen Tierwelt 216
Aus dem Leben der Kerbtiere 222

Der Mensch.

(Physiologie, Ethnologie, Urgeschichte.) (Mit 11 Bildern.)

Ein Mensch ohne Großhirn 229
Einheitlichkeit und Gliederung des Menschengeschlechts 233
Herkunft und Wanderungen der Rassen . . 238
Rassenmischung 247
Älteste Menschenreste 256
Kunst der Urzeit 265
Einteilung der lebenden Menschheit nach Prof. G. Sergi 270

Umschlagbild. Der Brasilianische Ameisenbär.

Denjenigen Herren, die mich durch Übersendung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten zu unterstützen die Freundlichkeit hatten, spreche ich meinen ergebensten Dank aus. Herm. Berdrow

Alphabetisches Sachregister.

Abnormitäten an Blüten 173.
Achsenschwankungen der Erde und Erdbeben 62.
Afrika, Bruchzone 70.
Afrika, Rassenmischung 250.
Ägypten, Knotenpunkt des Rassenverkehrs 250.
Allerweltspflanze, Ehrenpreisart 188.
Alpen, Entstehung 67.
Alpha-Strahlen sichtbar gemacht 87, 90, 92.
Aluminium in Pflanzen 188.
Ameisenbär, afrikanischer 211.
Ameisenbär, amerikanischer 212.
Antipodalität kosmischer Erscheinungen 37.
Apollofalter, Ausrottung 125.
Arier, europäische 240.
Arier und Semiten, Verhältnis 252.
Aronstab, Insektenfang 169.
Assimilation 132.
assimilatorische Synthese 133.
Ätna, Ausbrüche 50, 57.
Ätna, Beschreibung 51.
Ätna, Werdegang 55.
Ätna, Gipfelkegel 57.
Atomlehre u. Radioaktivität 85.
Atom, Zusammensetzung 95, 112.
Atomumwandlung 110.
Atome, wechselseitige Durchquerung 111.

Bakterien, Lebensgemeinschaft mit höh. Pflanzen 184.
Bananenfrucht 181.
Bastarde 145.
Bastardrasse, Rehobother 254.
Bennettiten, ausgest. Pflanzenfamilie 192.
Bestäubung durch Mücken 177.
Biologische Probleme 129.
Blüten- und Fruchtbiologie 169.
Bodenfluß als geolog. Faktor 75.
Bodenversetzungen in den Tropen 74.
Bruchzone, afrikanische 70.

Cymatophora, Mutation 151.

Deckenlehre, Alpen 67.
Dinosaurierfunde in Schwaben 163.
Dolichozephalen, Ursprung der europäischen 238.
Dreikörperproblem ungelöst 14.
Durchquerung chemischer Atome 111.

Ehrenpreisart als Allerweltspflanze 188.
Eichhörnchen, Bauchspürhaare 216.
Eiweißbedarf, wie im Tierkörper gedeckt 135.
Ektropie, Umkehr der Entropie 26.
Elemente, Umwandlung 115.
Entstehung des Menschengeschlechts, mehrstämmig 240.
Entropie 21.
Entropie, ihre Umkehrung 21, 26.
Enzianart, Blumenfalle 172.

Eoanthropus, engl. Urmensch 257.
Erdbeben infolge Achsenschwankungen 62.
Erde, Größe und Gestalt 83.
Erdmond, Bewegung 44.
Erdkern, Gestalt eines Kristalls 84.
Erdrinde, Bewegungen in der 67.
Erdrutsche in den Tropen 78.

Fächertanne, japanische 190.
Faultiere und Algen 213.
Fettleibigkeit d. paläolithischen Frauen 269.
Fixsterne, Temperatur 33.
Fixsterne, Durchmesser 31.
Fixsternklassen 32.
Fixsternwelt, aus der 31.
Fliegen, verschwundene 225.
Flossenfüßer, deutsche 218.
Flugsaurier 166.
Fortpflanzung und Vererbung 144.

Galley-Hillschädel 256.
Gesetze der Planetenbewegung 13.
Gesetz, periodisches u. Radioelemente 114.
Gewebe, weitgehende Selbständigkeit 140.
Gingko biloba 190.
Glazialkosmogonie 28.
Graben, zentralafrikanischer 71.
Gravitationshypothese Newtons 14.
Großhirnloses Kind 229.
Grottenolm, Fortpflanzung 222.
Gußeisen, Wachsen des 109.

Haare und Gliederung der Menschheit 234.
Harnstoff auch von Pflanze gebildet 136.
Haselmaus 217.
Helgoland, Saurier 162.
Hohenstoffel, Naturdenkmal 125.
Hohler Fels-Mensch 262.
Hohler Fels-Mensch, Mischrasse 263.

Ichthyosaurier Kannibalen 168.
Insektenfang eines Arum 169.
Insekten, Wanderungen 222.
Intellekt der höheren Tiere 195.
Jupiter, Oberflächenstörungen 43.

Kammerbühl bei Eger, Naturdenkmal 65.
Kants Nebularhypothese 15.
Kant u. Laplace widerlegt 14.
Katmai, Vulkan auf Alaska 61.
Keplersche Gesetze 13.
Kerbtiere, Touristen unter den 222.
Kleinhirn, seine Bedeutung 233.
Kolonien, Wildschütz 124.
Körperproportion und Rasse 236.
Kosmische Erscheinungen, antipodal 37.
Kristallokinese bei Entstehung der Alpen 68.
Kulturrasse, amerikanische 253.

Laplace, Nebularhypothese 17.
Laussel, Reliefskulpturen 267.

Lederschildkröte, aussterbend 214.
Lebensgemeinschaften, pflanzliche 183.
Lebenserscheinungen, die elementaren 129.
Lebewesen, älteste nachweisbare 160.
Legierungen, ihr Magnetismus 105
Leuchtinsekten, Lichtart 228.
Leuchtorgane der Leuchtkäfer 228.
Leukodermen, Ursprung der 246.
Lichtstrahlung und elektr. Strahlung 116.
Lophozephalie des Tasmaniers 244.

Märzveilchen, abnorme Blüten 174.
Mais, Bastardierung 147.
Magnetismus von Legierungen 105.
Makrozamia, ausgerottet 191.
Manatus, Sirenenart 208.
Mars, Achsenstellung 42.
Mars, keine Kanäle 42.
Massenteilchen, kleinste 97.
Materie, Aufbau der, und Teilbarkeit 101, 105.
Mendelsche Gesetze 148.
Mendels Versuche 146.
Menschengeschlecht, Einheitlichkeit 234.
Mensch ohne Großhirn 229.
Menschengeschlecht, mehrstämmige Entstehung 240.
Menschenreste, älteste 256.
Metalle, elastische Eigenschaften 107.
Meteore 48.
Meteoriten von Holbrook 45.
Meteoreisen von Okano 47.
Meteorsteinfälle 45.
Milchstraße, Bau und Dimensionen 35.
Mimikrytheorie 155.
Mimikry unter Wirbeltieren 156.
Mimikry und Schutzfärbung 157.
Mischrasse, amerikanische 253.
Mittelmeerrasse 249.
Molekularbewegung, Brownsche 99.
Moleküle, Realität der 99.
Mollmaus und Fasan 217.
Mücke als Bestäuberin 177.
Mutation bei einem Nachtfalter 151.

Nacheiszeit, Dauer der 79.
Nachtfalter, Mutation 151.
Naturdenkmalschutz 119.
Nebelflecke 22, 23.
Neandertaler, rekonstruiert 268.
Nebularhypothese Kants 15.
Neon, durch Atomumwandlung entstehend 110.
Neptun 43.
Nesttreue bei Schwalben 219.
Newtons Gesetz 14.
Nordeuropäer, Ursprung 241.

Okapi, junges, Lebensweise 209.
Ölhäute, Dünne der 102.
Olm, Fortpflanzungsweise 222.



Ostafrika, großer Graben 72.
Ozeanierlophozephale — Tasmanier 245.

Paläolithische Schädel 256.
Paradiesvogel, Erhaltung 124.
Parasitismus und Symbiose 187.
Pelztiere, Schutz der 121.
Pfaffenhofen, Dinosaurierfunde 163.
Pflanzenwelt der Tertiärzeit 189.
Pferde, denkende 198.
Pferde, Sinnesprüfungen 198.
Pferde, Verstandesprüfungen 199.
Pferde, kluge, Beobachtungsergebnisse 205.
Pilze und Bakterien, Symbiose 186.
Piltdown, paläolithischer Schädel 257.
Piltdownschädel, Unterkiefer 260.
Planetenrotation, Gesetzmäßigkeit 37.
Planeten, Ursprung 36.
Planet, transneptunischer 43.
Primeln, Abnormitäten 175.
Probleme, biologische 129.

Rafflesiazeen, Blüten- und Fruchtbiologie 178.
Radioaktivität und Atomlehre 85.
Radioelemente u. das periodische Gesetz 114.
Ramphorhynchus, rekonstruiert 166.
Rasse und Körperproportion 236.
Rassen, Herkunft und Wanderungen 238.
Rasse, Begriff der, nach Fritsch 247.
Ratten, Mutation 153.
Raubtierschutz 121.
Rechnen der klugen Pferde 204.
Reststrahlen 118.
Riemenzahnwale 216.
Ringbildungshypothese Laplaces 18.
Ringversuche und Vogelforschung 218.
Robben, Fangprämien 218.
Ruprechtskraut, Wettertypen 175.

Sakurashima, Inselvulkan 49.
Schmetterling, Hörvermögen 228.
Schmetterling, Mutation 151.
Schutzfärbung und Mimikry 157.
Schutzgebiete 120.
Schutzgebiet im **Böhmerwald** 119.
Schwerkraftwirkung 24.
Selbständigkeit des **Lebens von Geweben** 140.
Seth, ägypt. Gottheit und Okapi 210.
Sirenen, Lebensweise 207.
Sonnenflecken 36.
Spessarteichen 123.
Spürhaare des Eichhörnchens 216.
Steinlappen, Rasse der 249.
Steinzeit, Mensch der ältesten 261.
Stickstoffausscheidung, Gesetze 137.
Sterne, heißeste 35.
Sternradien 34.
Stoffumwandlung, organische 131.
Storch, Abnahme 122.
Strahlen, Licht- und elektrische 116.
Strahlungsdruck 25.
Südostasien, Rassenmischung 252.
Sumpfparnassie, kleistogam 173.
Suspensionskolloide 97, 100.
Suspension, Zickzackbewegungen ihrer Teilchen 99.
Symbiose und Parasitismus 187.
Synthese, assimilatorische 133.

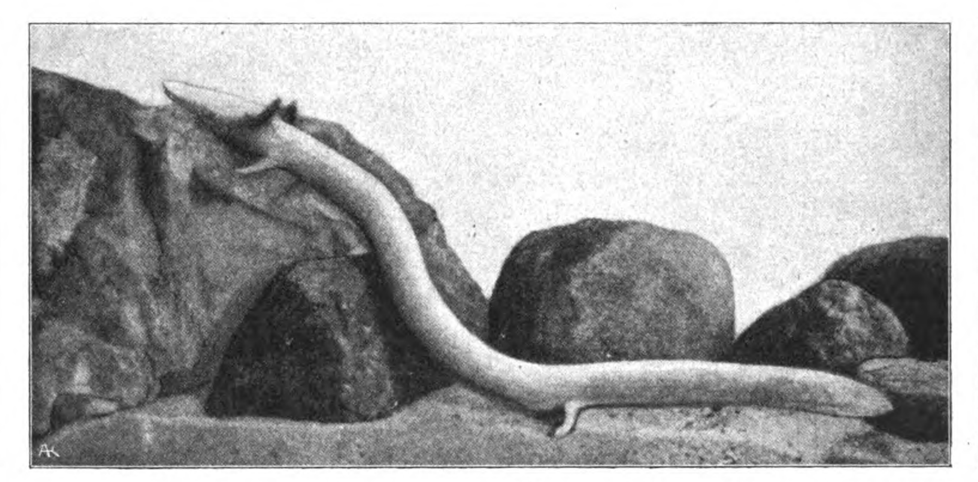
Tasmanierrasse 243.
Tasmanierkopfhaar 236.
Temperatur, absolute 21.
Tiere, Intellekt 195.
Tiere, Fragen zur psychologischen Würdigung 206.
Tiere, denkende 193.
Tierkörper, Deckung des Eiweißbedarfs 135.
Tierwelt 193.
Tierhirn 196.
Trossingen, Dinosaurierfunde 164.
Tuc d'Audoubert, paläol. Höhle 265.

Ultrafiltration 97.
Ureinwohner Amerikas 242.
Urraffen 240, 248.
Urzeit, Kunst der 265.

Varanus komodensis 213.
Venus, physikalische Verhältnisse 39.
Venus, Umlaufszeit 40.
Vesuv, Besuch des Kraterbodens 60.
Vererbung und ihre Gesetze 142.
Vererbung und Fortpflanzung 144.
Vererbungsgesetze Mendels 148.
Vererbungsgesetze, soziale Bedeutung 149.
Veronica javanica, **Allerweltspflanze** 188.
Völkertafel Sergis 240, 270.
Vorzeitliche Lebewesen 160.

Wanderungen im Insektenreich 222.
Wandervögel, Zugstraßenproblem 220.
Waran, Riesen- 213.
Wasserkelche mit Bakterien 185.
Weltentstehen, Weltvergehen 13.
Weltentstehungshypothese von Arrhenius 20.
Wettertypenpflanzen 175.
Widerlegung von Kant-Laplace 17, 19.
Wildschütz in den Kolonien 124.
Wisentgruppe aus Tuc d'Audoubert 266.
Wunderblume, Kreuzungen 145.

Zahnwahl in Ostsee 216.
Zeitberechnung, geologische 82.
Zeiträume, geologische 79, 81.
Zentralafrika, großer Graben 71.
Zickzackbewegung der Suspensionsteilchen 99.
Zugstraßenproblem der Wandervögel 220.



Blinder Grottenolm der unterirdischen Gewässer des Karstes.

Weltall und Sonnenwelt.

(Astronomie und Meteorologie.)

Weltentstehen und Weltvergehen * Aus der Fixsternwelt * Im Reich der Sonne * Meteorologische Fragen.

Weltentstehen und Weltvergehen.

Die von Kant und Laplace aufgestellten Annahmen über die Entstehung des Sonnensystems haben sich in der Wissenschaft anscheinend überlebt, wenn sie auch in Schulbüchern und im Unterricht vielleicht noch ein Weilchen ihr Dasein fristen werden. Um den frei gewordenen Platz ringen eine Menge verschiedenartiger, bisweilen recht befremdender Weltentstehungs- und Weltkatastrophe-Hypothesen, von denen weiterhin eine Anzahl skizziert werden soll. Zunächst möge der Leser sich an der Hand der folgenden Ausführungen von der wissenschaftlichen Unzulänglichkeit der Weltentstehungsbilder Kants und Laplaces zu überzeugen suchen.

Prof. Dr. G. Holzmüller*) hat vor einigen Jahren versucht, ihre Unvereinbarkeit mit den Gesetzen der Physik und der Astronomie allgemein verständlich darzulegen. Er entwickelt zunächst mit Hilfe derjenigen mathematischen Kenntnisse, die jede höhere Lehranstalt vermittelt, Keplers Gesetze der Planetenbewegung und Newtons Gravitationshypothese. Erstere lassen sich folgendermaßen formulieren:

Die Planeten bewegen sich um die Sonne in elliptischen Bahnen, wobei die Sonne sich im Brennpunkte jeder Ellipse befindet.

Teilt man bei einem Planeten die Umlaufszeit in gleiche Teile und verbindet man für das Ende jedes Zeitraums den Planetenmittelpunkt mit dem Sonnenzentrum, so wird die Fläche der Ellipse durch die Verbindungslinien in flächengleiche Abschnitte (Sektoren) zerlegt; ein Satz, den man auch so ausdrückt: Die Verbindungslinien oder Fahrstrahlen (radii vectores) überstreichen in gleichen Zeiträumen flächengleiche Sektoren. Das dritte Gesetz endlich lautet:

Die Quadrate der Umlaufszeiten sind proportional den dritten Potenzen (Kuben) der (mittleren) Entfernungen von der Sonne.

Newtons Gesetz besagt, daß zwei kugelförmige homogene Massen einander anziehen mit einer Kraft, die proportional dem Produkt ihrer Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat der gegenseitigen Entfernung ihrer Mittelpunkte ist.

Prof. Holzmüller wendet sich sodann dem Verhalten eines, zweier und dreier dem Gravitationsgesetze unterworfenen Körper zu. Während das Einkörperproblem, das Verhalten eines Körpers, der dem Gesetz gemäß nach einem festen Raumpunkte gezogen wird, und das Zweikörperproblem, das Verhalten zweier Körper, die einander nach dem Gesetze anziehen, befriedigende Lösungen gestatten, ist es trotz alles aufgewandten Scharfsinns den Mathematikern noch nicht gelungen, eine geschlossene Lösung des Dreikörperproblems, also des Verhaltens von drei (oder mehr) Körpern bei Zugrundelegung des Newtonschen Gesetzes, zu geben. Und doch tritt gerade die gegenseitige Beeinflussung von drei oder mehr Himmelskörpern in der Astronomie fast ausschließlich in Erscheinung. Es ließe sich die Mechanik des Sonnensystems ebensogut mit

*) Elementare kosmische Betrachtungen über das Sonnensystem und Widerlegung der von Kant und Laplace aufgestellten Hypothesen über dessen Entwicklungsgeschichte. Leipzig 1906. — Da der Verfasser seinerzeit eine umfassendere Behandlung des Themas in Aussicht stellte — die indessen nicht erfolgt ist —, so wurden seine Betrachtungen bisher zurückgestellt. Prof. P. Johannes Müller hat seinem Werke „Die Welträtsel" eine Fortsetzung gegeben: Neues vom Weltall, Wien, Teschen, Leipzig, Verlag von K. Prochaska, 1913. Diese Broschüre bringt gleichfalls viel Neues und Interessantes über die in vorliegendem Abschnitt berührten Fragen.



anderen Anziehungsgesetzen als dem Newtons in Einklang bringen.

Das Wesen der Anziehung war bei Aufstellung jenes Gesetzes rätselhaft und ist es auch allen Erklärungsversuchen zum Trotz bis heute geblieben. „Auf Grund eines derartig mangelhaften Wissens", sagt Prof. Holzmüller, „Lehren über die Bildung des Sonnensystems wie die Hypothese des Philosophen Kant oder wie die des Mathematikers Laplace aufzustellen, war durchaus verfrüht. Über das Verhalten unzähliger Atome oder Moleküle abzuurteilen, während wir noch nicht einmal über das von drei Massenpunkten unter möglichst einfachen Annahmen hinreichend aufgeklärt sind, war man einfach nicht imstande, und heutzutage ist erst recht nicht daran zu denken. Die Grundlagen der Newtonschen Mechanik sind inzwischen selbst erschüttert worden. Kurz, es fehlen die Grundbedingungen zu einer wissenschaftlichen Behandlung solcher Hypothesen. Um einiges Urteil über diese zu gewinnen, müssen wir uns vorläufig an die physikalisch-astronomischen Beobachtungen halten, deren Ergebnisse spärlich genug sind."

Wir wollen über diese Beobachtungen an der Sonne, die dem Leser aus den vorhergehenden Jahrbüchern der Naturkunde hinreichend bekannt sind, hinweggehen und nur eine Betrachtung Prof. Holzmüllers heranziehen. Das Zusammenziehen des jetzigen Sonnenkörpers um $^1/_{10000}$ des Radius würde die jetzige Sonnenstrahlung auf weitere 2300 Jahre decken. Dabei sind drei Fälle möglich. Geschieht nämlich die Zusammenziehung genau in dieser Zeit, so bleibt die Temperatur der Sonne ungeändert. Geschieht sie in kürzerer Zeit, so tritt trotz der Ausstrahlung fortdauernd Erwärmung ein. Geschieht sie in längerer Zeit, so tritt statt dessen Abkühlung ein, denn die Ausstrahlung überwiegt die Erwärmung. Welcher von diesen Fällen nun tatsächlich stattfindet, wissen wir nicht. Weder eine Veränderung der Temperatur noch eine Verkleinerung des Sonnenradius ist bisher beobachtet. Vorläufig können wir also annehmen, daß der erste Fall annähernd sich verwirklicht.

Kants Nebularhypothese, zu deren Darstellung und Kritik Prof. Holzmüller nun übergeht, ist in seiner 1755 veröffentlichten „Naturgeschichte und Theorie des Himmels" enthalten. Ihre Grundanschauungen sind etwa folgende: Anfänglich ist der Stoff des ganzen Sonnensystems in einer weit über die Bahn des äußersten Planeten hinausreichenden Kugel äußerst dünn verteilt gewesen, in einem fast gleichmäßigen Zustande des Aufgelöstseins, der als solcher in einer Art labilen (zu Veränderungen sehr geneigten) Gleichgewichts aufgefaßt werden könne. Jedes Teilchen war in einer willkürlichen Bewegung begriffen und besaß neben den anziehenden auch abstoßende Kräfte. Infolge der genannten Bewegungen sind stellenweise Anhäufungen der feinverteilten Masse entstanden, die mit der Zeit als Anziehungszentra auf die gleichartigen Massen wirkten. Die immerwährenden gegenseitigen Störungen wirkten auf einen Zustand der Art hin, daß die Störungen möglichst vermieden wurden, und so entstand allmählich eine ziemlich gleichartige Kreisbewegung des gesamten Nebelballs. Die dazugehörige Zentralkraft hielt anfangs der Attraktionskraft des Balles nahezu das Gleichgewicht, doch überwog ein gewisses Zusammenziehungsbestreben. So bildete sich in der Mitte der Kreisbewegung der Weltatome allmählich ein Körper dichteren Gefüges, die spätere Sonne, wobei nebst der Gravitation wohl auch eine Art chemischer Wahlverwandtschaft mitwirkte. Solcher Attraktionszentra konnten sich mehrere ausbilden. Die um ein solches gelagerten Teilchen ballten sich zum ersten Planeten zusammen. Schrittweise bildeten sich danach die übrigen. Die Bahnen wichen infolge der Verschiedenheiten der Anziehung mehrfach von der Kreisbahn ab, blieben auch nicht ganz in der Äquatorialebene der Weltkugel. Die Dichtigkeiten der Planeten waren etwa umgekehrt proportional den Abständen von der Hauptsonne.

Auch die Planeten hatten in ihrer nächsten Umgebung Anziehungszentra, die werdenden Monde, die vielleicht ursprünglich derselben Kugelschicht angehörten. Je weiter entfernt von der Sonne der Planet war, um so leichter konnte er Trabanten bilden, daher nimmt die Anzahl der Monde nach außen zu. Die mittlere Dichtigkeit aller Planeten zusammengenommen muß gleich der der Sonne sein, die Monde aber mußten als „Ausschuß der Materie" dichter werden. Die Umdrehungsachsen der Himmelskörper stehen nahezu senkrecht auf der ursprünglichen Äquatorebene des Gasballs, und alle Bewegungen finden beinahe in demselben Drehungssinne statt wie die ursprüngliche des letzteren. Die Saturnringe sind nach Kant verdichtete Dünste. Erst später hat der Philosoph die Vermutung ausgesprochen, daß die Monde aus zertrümmerten Ringen hervorgegangen seien, womit er nahe an den Laplaceschen Hauptgedanken heranrückt.

Prof. Holzmüller bezeichnet in seiner Kritik die Kantsche Hypothese als eine naturphilosophische Plauderei, bei der ihn sein berühmter Kritizismus stark im Stiche gelassen. Obwohl die Mathematik bisher darauf verzichten mußte, das einfach scheinende Problem der drei Massenpunkte, die sich allein im Weltraum bewegen sollen, zu lösen, urteilt der kritische Philosoph leichtfertig darüber ab, wie sich sämtliche einzelne Massenteilchen des Sonnensystems verhalten haben sollen.

Auch mit dem Zweikörperproblem ist die mathematische Berechnung nur fertig geworden, indem sie darauf verzichtete, jedes den Bewegungen der beiden Körper widerstehende Mittel zu berücksichtigen. Mit Berücksichtigung dieses letzteren kann sie nur den Schluß ziehen, daß das Prinzip der Erhaltung der Arbeit gestört wird, und erst in neuer Zeit ist man davon überzeugt worden, daß je nach der Formulierung des Widerstandsgesetzes Wärme, vielleicht auch Elektrizität an den Körpern und dem widerstrebenden Mittel, etwa dem sogenannten Äther, auftritt, und zwar so, daß die in der Wärme enthaltene Arbeitskraft der verlorenen mechanischen Arbeitsfähigkeit quantitativ entspricht. Daß Kant dies noch nicht wußte, kann man ihm nicht zum Vorwurf machen, wohl aber die lebendige Phantasie, mit der er mechanische Probleme der exakten Lösung zuführen will. Vom exakt wissenschaftlichen Standpunkte aus muß so-

wohl der von Kant willkürlich konstruierte Anfangszustand als auch die willkürliche Entwicklung des augenblicklichen Zustandes aus diesem als unwissenschaftlich zurückgewiesen werden. Auch der von ihm als Anfang aller Dinge vorausgesetzte Zustand ist nur eine willkürliche Station der Vergangenheit, im Sinne Kants vielleicht ein Ersatz des Schöpfungsaktes.

Seine Ringbildung ist unmotiviert. Daß der Übergang zur Verflüssigung und Erstarrung ganz neue Schwierigkeiten bringt, wird mit keinem Wort erwähnt, die Schwierigkeiten, die ein Sichordnen nach spezifischen Gewichten macht, werden ignoriert. Kants Dichtigkeitsgesetz ist von kindlicher Naivität, und daß die Monde als „Ausschuß der Materie" besonders dicht sein sollen, kann nur Heiterkeit erregen. Die spiralische Annäherung wird nicht hinlänglich erläutert. Die von Kant als verdichtete Dünste erklärten Saturnringe sind bekanntlich durchsichtig, also Scharen von getrennten Körpern, die sich mit Meteorschwärmen vergleichen lassen.

Kant — so schließt Prof. Holzmüller seine Kritik — war mehr teleologisch denkender Naturphilosoph, der sich das Entstehen einer bewohnten Welt möglichst einheitlich zurechtlegen wollte, als kritisch denkender Mathematiker. Als dilettantischer Versuch eines Naturphilosophen will seine Hypothese beurteilt werden, nicht vom Standpunkte der Mathematik und Naturforschung aus. Die Phantasie hat dabei die Hauptrolle gespielt. Es handelt sich um eine philosophisch angehauchte Dichtung, um ein Naturepos, das in seiner Art anregend gewirkt hat und Mittelpunkt einer reichen Literatur geworden ist. Unter dem Seziermesser der Kritik zerfällt sie in ihr Nichts, in die wissenschaftlichen Lehrbücher gehört sie nicht. Man entferne sie vor allem aus den Lehrbüchern der Physik und der mathematischen Geographie, denn sie führt zu ganz falschen Auffassungen.

Laplaces Nebularhypothese findet sich in seiner 1820 erschienenen „Introduction à la théorie des probabilités" (Einführung in die Wahrscheinlichkeitslehre). Er untersucht hierin die Frage, welchen Grad von Wahrscheinlichkeit es wohl hätte, daß für die weit überwiegende Rechtläufigkeit der Bewegungen im Sonnensystem eine gemeinsame Ursache vorliege, und wie viel Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine solche nicht vorliege. Die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer gemeinsamen Ursache überwog derartig, daß er sich entschloß, den ursächlichen Zusammenhang zu untersuchen. Dabei stellte er eine der Kantschen Nebularhypothese vielfach entsprechende Lehre auf, vielleicht ohne von Kant zu wissen.

Die Entstehung des zunächst kugelförmig gestalteten Nebularballes ist im wesentlichen dieselbe wie bei Kant, nur erscheint das ursprüngliche Vorhandensein einer Drehungsgeschwindigkeit weniger motiviert als bei diesem. Ursprünglich habe die Zentrifugalkraft der Newtonschen Gravitation etwa das Gleichgewicht gehalten, aber nicht vollständig. Ein Kontraktionsbestreben habe überwogen und habe, ähnlich wie Helmholtz will, Erwärmung, aber auch jedem Teilchen an Stelle der Kreisbahnen eine Art von Spiralbahn gegeben. Dadurch sei eine verstärkte Drehungsgeschwindigkeit entstanden. In der Folge hätte die Zentrifugalkraft (Fliehkraft) am Äquatorialring überwogen, ein dünner Ring habe sich abgelöst und an der Verstärkung der Drehung nicht mehr teilgenommen. Auf Grund seiner Unregelmäßigkeit sei er schließlich gerissen und habe sich zu einem Planeten zusammengeballt. Auch konnte er zu einem größeren, von einer oder mehreren kleineren Kugeln begleiteten Weltkörper, also zu einem Planeten mit Trabanten, werden.

Der Rest des Sonnenkörpers habe seine Rotation weiter beschleunigt, und dies habe zur Ablösung eines weiteren Ringes geführt. So sei schrittweise die ganze Welt der Planeten mit ihren Trabanten entstanden. Der Fortgang der Planetenbildung könne auch weiterhin stattfinden. Die nicht rechtläufigen Kometen werden als fremde Gäste betrachtet, die in Form kosmischer Wolken aus dem Weltall zufällig ins Sonnensystem geraten wären. Eine Reihe losgelöster Ringe, aus denen sich seine Trabantenzahl noch vergrößern würde, besäße ja der Saturn.

Als Veranschaulichungs-, nicht aber als Beweismittel der Hypothese Laplaces kann man den Plateauschen Versuch mit der in einem Alkoholgemisch schwebenden Ölkugel benutzen; denn hier ist es ja der Physiker, der durch gewisse Kunstgriffe, z. B. durch plötzliche Beschleunigung der Kurbeldrehung, Ringe oder Planeten von der Ölkugel loslöst, während bei Laplace der Nebelball alles von selbst besorgen soll. Auch daß die spätere Beobachtung unter den Nebelflecken solche zeigte, die als leuchtende Gaswolken zu betrachten sind und also darin Laplaces angenommenem Nebelballe gleichen, ist noch kein Beweis für die Hypothese.

Zu der Laplaceschen Lehre hat sich Gauß, der größte Mathematiker aller Zeiten, gelegentlich dahin geäußert, er könne nicht begreifen, wie ein Mathematiker von der Bedeutung eines Laplace seinen wohlerworbenen Ruhm mit der Veröffentlichung solcher Phantasien aufs Spiel setzen könne. Auf solche Gedanken käme wohl jeder einmal, aber das sei doch nichts zur Veröffentlichung.

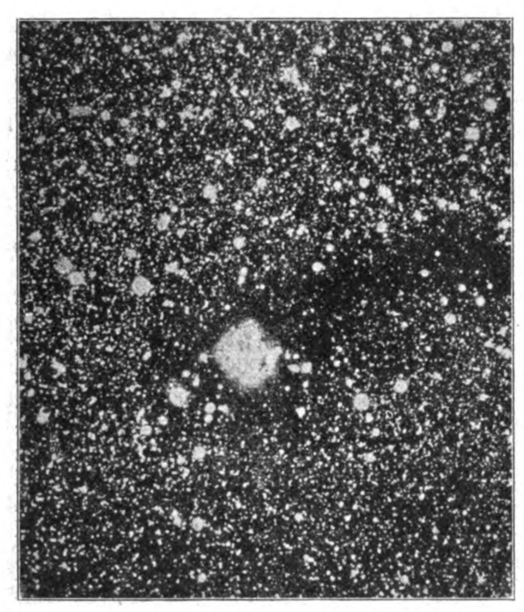
Laplaces Ringbildungshypothese beruht offenbar auf der Annahme, daß die Drehungsgeschwindigkeit eines rotierenden Körpers beliebig gesteigert werden könne. Das ist aber bei der Bewegung im widerstehenden Mittel unmöglich. Denke man sich eine kugelförmige, vom Ozean ganz bedeckte Erde mit Hilfe einer Kurbel stärker um die Achse gedreht, so tritt eine verstärkte Abplattung des Ozeans ein. Die Pole treten als Inseln hervor, das Wasser sammelt sich mehr und mehr am Äquator, steigt dort höher und höher und wird bald den Eindruck eines Ringes machen, der sich ablösen will. Bei 7955 Meter Äquatorgeschwindigkeit, also bei etwa $1^1/_2$ Stunden Umdrehungszeit würde die Schwerkraft ganz aufgehoben sein. Und da die Ringgestalt keine stabile Potentialfläche ist, so würde das Gleichgewicht labil sein und der Ring bei der kleinsten Störung zerreißen, falls er nicht in Anbetracht der Höhe zu Eis erstarrt wäre. Dann könnte der Eisring frei um die Erde schweben und würde



an der ferneren Drehungsbeschleunigung nicht mehr teilnehmen.

So wäre die Entstehung des Ringes nach Laplace zu denken. Aber — die soeben angenommene Drehung hat gar nichts mit dem Newtonschen Gesetz und der Gravitationswirkung zu tun: draußen wirkt ein Kurbeldreher als deus ex machina und besorgt das Geschäft der Beschleunigung. In Wirklichkeit verläuft die Sache ganz anders.

Sehen wir zunächst vom festen Erdkörper, bei dem die Festigkeitslehre ein sehr wichtiges Wort mitspricht, ab, und fassen wir die Sonne als gasförmigen, der Kontraktionswirkung im Helmholtzschen Sinne ausgesetzten Körper auf. Dann kann von einer Verstärkung der Zentrifugalkraft infolge des Attraktionsgesetzes bis zur Ringablösung nicht gut die Rede sein. Nehmen wir aber an, der Abplattungsfaktor, also damit die Ausbauchung am Äquator, nehme jetzt noch bedeutend an Größe zu, so wäre doch in der gesamten Vergangenheit der Umlauf weit langsamer, eine Neigung zur Ringbildung also nie vorhanden gewesen. Erst in ferner Zukunft wären Ringablösungen zu erwarten. Die Laplacesche Hypothese wäre also für die ganze Vergangenheit des Sonnensystems zu streichen.



Nebelfleck in einer Sternhöhle in der Milchstraße, Sternbild des Schwanes.*)

Und wie würde es mit der Zukunft aussehen? Betrachtet man die sichtbare Sonnenoberfläche als wirkliche Oberfläche, so wäre eine Umdrehungszeit von etwa drei Stunden nötig, um an ihrem Äquator die Schwere aufzuheben. Die Umlaufsgeschwindigkeit müßte also die 200fache, die Drehungsenergie die 40.000fache der jetzigen werden, um bei dieser Sonne eine Ringablösung herbeizuführen. Da aber zur Vermehrung der Drehungsenergie Zusammenziehung erforderlich ist, so müßte jedenfalls eine recht erhebliche Verkleinerung des Sonnendurchmessers stattfinden. Dem verkleinerten Radius entsprechend wächst aber die innere Anziehung und die Schwierigkeit der Ringablösung. Folglich reicht die 40.000fache Drehungsenergie zu einer solchen bei weitem nicht aus, und für einen großen Zeitraum der Zukunft ist die Möglichkeit der Ringbildung ebenfalls ausgeschlossen. In historischen Zeiten ist noch keine meßbare Verkleinerung des Sonnendurchmessers nachgewiesen. Wie viele historische Zeiten müßten bis zu der notwendigen Verkleinerung vergehen!

Angenommen aber, die Ringbildung träte doch einmal ein, so müßte sie eine kontinuierliche werden und könnte sich schwerlich in der von Laplace vorausgesetzten periodischen Weise vollziehen. Würde nun gar die Sonne verflüssigt oder starr, so käme ein ganzes Arsenal physikalischer Bedenken gegen die Ringbildung zur Sprache. Und dabei beruht das Ganze auf der willkürlichen Annahme, daß Ringbildung infolge der Gravitationswirkung überhaupt möglich sei, was bisher noch von keinem Mathematiker nachgewiesen ist.

Der eigentliche Todesstoß für die Laplacesche Theorie der Zukunft des Sonnensystems liegt aber, wie Prof. Holzmüller zum Schluß nachweist, in dem Gedanken der mit der Helmholtzschen Zusammenziehung verbundenen Wärmeentwicklung. Wir brauchen hierauf jedoch gar nicht einzugehen, da ja Laplace seine Hypothese ausdrücklich im Hinblick auf den jetzigen Bestand des Sonnensystems aufgestellt hat, ihre Wirkung also in die Vergangenheit setzt.

„Die von Kant und Laplace aufgestellten Hypothesen über die Entwicklungsgeschichte des Sonnensystems sind", so schließt die Darlegung, „für die Vergangenheit unmöglich und für die Zukunft im höchsten Grade unwahrscheinlich. Sie können nicht als Beitrag zur exakten Naturwissenschaft angesehen werden, sie sind vielmehr als unheilbar krank zu betrachten."

Wenden wir uns nun denjenigen Astronomen und Physikern zu, die etwas Begründeteres an die Stelle der Hypothesen von Kant und Laplace gesetzt zu haben glauben, so fällt es auf, daß sie sich im Gegensatz zu diesen ihren Vorgängern meist nicht auf unser Sonnensystem beschränkt haben, sondern ihre Erklärungen auch auf andere Weltsysteme, ja auf das Weltall als Ganzes ausgedehnt haben, wodurch vielfach eine befriedigendere Deutung zustande gekommen ist.

Unter den Schöpfern neuer, besser begründeter Weltentstehungshypothesen nimmt der schwedische Physiker Svante Arrhenius eine hervorragende Stellung ein*). In dem Kapitel „Nebelfleckzustand und Sonnenzustand" geht er von dem Motto des Clausius aus, das da lautet: „Die Energie der Welt ist konstant; die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu." Der erste Teil dieses Satzes bedeutet, daß bei einem System, dem von außen keine Energie zugeführt wird, die verschiedenen Energieformen der einzelnen Teile dieses Systems (z. B. Bewegungs- und Wärmeenergie, elektrische und chemische Energie) in andere Energieformen umgesetzt werden können, und daß dabei die Summe

*) Nach Svante Arrhenius, Das Werden der Welten. Verlag der Akadem. Verl. Ges. m. b. H., Leipzig.

*) Das Werden der Welten. 2. Aufl. Leipzig 1913.



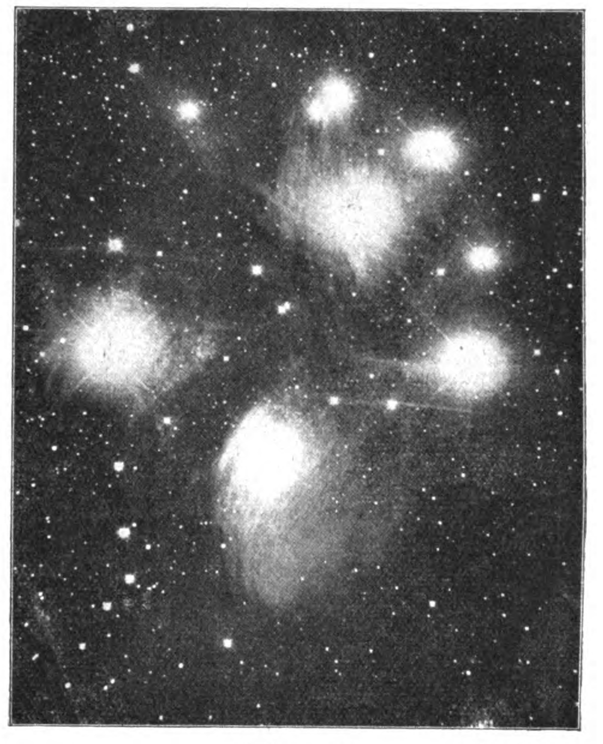
der verschiedenen Energien immer unverändert bleibt. Dieser Satz soll nach Clausius auch für den unendlichen Weltenraum Geltung haben.

Unter „Entropie" versteht man die Wärmemenge eines Körpers, dividiert durch seine absolute Temperatur*). Wenn daher eine Wärmemenge x Kalorien von einem Körper von $+ 100^0$ ($= 373^0$ absolute Temperatur) zu einem Körper von 0^0 ($= 273^0$ absolute Temperatur) übergeht, so ist die Entropie von beiden zusammen um $\frac{x}{373}$ verkleinert und um $\frac{x}{273}$ vergrößert worden. Da letztere Quantität größer ist, so hat also die Entropie im ganzen zugenommen. Wärme geht nun immer „von selbst" durch Leitung oder Strahlung von Körpern mit höherer Temperatur auf solche mit niedrigerer über, wobei offenbar die Entropie wächst. Das geht so lange fort, bis zuletzt, wenn alle Körepr die gleiche Temperatur haben, Gleichgewicht eingetreten ist. Einem solchen Gleichgewicht strebt, nach Clausius, das Weltall zu; sollte es je eintreten, so hörten alle Quellen der Bewegung und damit des Lebens auf, und der sogenannte „Wärmetod" wäre gekommen. Arrhenius bestreitet jedoch die Gültigkeit des Clausiusschen Satzes für die Nebelflecke

Wenn Clausius recht hätte, so müßte der Wärmetod in der unendlich langen Zeit seit Bestehen der Welt schon eingetreten sein, was doch nicht der Fall ist. Oder auch: die Welt hat nicht unendlich lange bestanden, sondern einen Anfang gehabt, was wieder dem ersten Teil des Clausiusschen Satzes widerspricht, daß die Weltenergie konstant sei; denn dann wäre alle Energie im Schöpfungsaugenblick entstanden.

Es läßt sich jedoch theoretisch ein Fall denken, in dem Wärme von einem kälteren zu einem wärmeren Körper übergeht und die Entropie sinkt — der berühmte schottische Physiker Maxwell hat einen solchen Fall erdacht — und nach Arrhenius tritt ein ähnlicher Fall bei den gasförmigen Himmelskörpern ein, wodurch dann natürlich dem Eintritt des Wärmetodes wirksam vorgebeugt wäre.

Wenn die Gasmoleküle in der Atmosphäre eines Himmelskörpers hinreichende Geschwindigkeit haben und nach außen in die äußersten Gasschichten gelangen, so gehen sie aus dessen Anziehungskreis weg in den unendlichen Raum hinaus, ganz so wie ein Komet, der in der Sonnenhöhe genügende Geschwindigkeit hat, aus dem Sonnensystem entweichen muß. So hat möglicherweise auch der Mond seinen ursprünglichen Luftkreis verloren. Dieser Gasverlust, bei der Sonne und großen Planeten gewiß unmerklich, dürfte eine bedeutende Rolle im Haushalt der Nebelflecke spielen, wo alle Strahlung aus den heißen Himmelskörpern angesammelt wird und wegen ihrer ungeheuren Ausgedehntheit die zurückhaltende Schwerkraft äußerst gering ist. So verlieren die Nebelflecke in ihren äußeren Schichten die am raschesten dahineilenden Moleküle und werden dadurch hier abgekühlt. Gäbe es im ganzen Weltall nur gleichartige Nebelflecke, so würden die abgetrennt umherirrenden Moleküle schließlich in einem anderen Nebelball landen, es würde sich Wärmegleichgewicht zwischen den verschiedenen Nebeln herstellen, und der Wärmetod würde verwirklicht sein.



Plejadennebel.*) Ritchey phot.

Nun befinden sich aber, wie Arrhenius in einem früheren Abschnitt darlegt, in den Nebelflecken vielfach eingewanderte Himmelskörper, die die Gase ihrer Umgebung um sich herum verdichtet (kondensiert) und dabei eine höhere Temperatur bekommen haben. Die umherirrenden Gasmoleküle können auch in die vermutlich sehr ausgebreitete Atmosphäre dieser wachsenden Sterne geraten, wodurch die Kondensation unter beständigem Sinken der Entropie beschleunigt würde. Durch solche Prozesse kann das Uhrwerk des Weltsystems fortwährend im Gang erhalten werden, ohne daß es abläuft. Um die in den Nebelfleck eingewanderten Körper und um die Reste einer Nova, eines aufflammenden „neuen Sternes", die inmitten des Nebelflecks liegen, sammeln sich also die Gase, die früher in den äußeren Teilen des Nebelflecks zerstreut gewesen waren. Diese Gase stammen von den Explosivstoffen, die sich im Innern des neuen Sterns befunden hatten. Wahrscheinlich spielen Wasserstoff und Helium die Hauptrolle unter ihnen, denn sie sind am schwersten zu verdichten und können auch bei der außerordentlich niedrigen Temperatur der äuße-

*) Unter absoluter Temperatur versteht man die vom absoluten Nullpunkt, -273^0 C, aus gezählte Temperatur. Absoluten Nullpunkt nennt man diese Temperatur, weil bei ihr die Bewegungsgeschwindigkeit der Moleküle, die wir als Wärme empfinden, mithin also die vorhandene Wärmemenge, gleich Null sein müßte.

*) Nach Scheiner, Pop. Astrophysik. Verlag v. B. G. Teubner, Leipzig.

ren Teile des Nebelflecks in nennenswerter Menge vorkommen, während Gase aus anderen Stoffen dort kondensiert sein müßten. Daß Wasserstoff und Helium nebst dem Nebulium in den stark ausgebreiteten Nebelflecken allein vorzukommen scheinen, beruht wahrscheinlich nur auf ihrem niedrigen Siedepunkt. In etwas tieferen Schichten der Nebelmasse, wo diese mehr der Scheibenform entspricht, dürften andere schwer kondensierbare Stoffe, wie Stickstoff, Kohlenwasserstoffe von einfacher Zusammensetzung und Kohlenoxyd, noch tiefer Cyan, Kohlensäure usw. und nahe dem Mittelpunkt Natrium, Magnesium und sogar Eisen in Gasform vorkommen. Diese weniger flüchtigen Bestandteile kommen in den äußeren Schichten nur in Form von Staub vor, der verhindert, daß ihr Spektrum sichtbar wird.

Nach einer Periode zunehmender Temperatur erreicht das Gas einen Punkt, bei dem sich die Temperatur, auch wenn das Gas weiter zusammengedrückt wird, unverändert im Gleichgewicht erhält. Es läßt sich berechnen, wann ein Nebelfleck dieses kritische Stadium durchläuft, dem ein Sinken der Temperatur folgen muß. Die Sonne hat schon lange den Höhepunkt ihrer Temperaturentwicklung überschritten und ist nun in der Abkühlung begriffen. Aber Sterne wie der Sirius, deren Dichte vermutlich nicht mehr als etwa 1 Prozent der Sonnendichte beträgt, befinden sich wahrscheinlich noch in Temperatursteigerung.

Unendlich viel umfangreicher als solche Gassterne sind die planetarischen Nebelflecke. Der größte unter ihnen, nahe dem Stern B im Großen Bären gelegen, ist zweifellos viele hundertmale größer als der Durchmesser der Neptunsbahn. Dadurch bekommen wir eine Vorstellung von der ungeheuren Verdünnung in einem solchen Gebilde; auch wo es am dichtesten ist, beträgt seine Dichte wahrscheinlich nicht mehr als etwa ein Billionstel der Dichte der Luft. In den äußeren Teilen dieser Nebelflecke muß auch ganz niedrige Temperatur herrschen; andernfalls könnten sie nicht zusammengehalten werden, und daher kann nur Wasserstoffgas und gasförmiges Helium in ihnen vorkommen.

Die Dichte und Temperatur dieser Himmelskörper sind indessen als riesengroß anzusehen im Vergleich mit denen der Gase in den Spiralen der Nebelflecke. In diesen herrscht niemals Gleichgewicht, und nur weil die wirkenden Kräfte so außerordentlich klein sind, können diese Gebilde ihre Formen während langer Zeiten ohne merkliche Veränderung behalten. Es sind wohl hauptsächlich diese Partien, die die kosmischen Staubmassen in ihrer Bewegung aufhalten und durch deren Zusammenschließung dann allmählich Meteoriten und Kometen entstehen. Solche wandern dann in die mehr zentralen Teile des Nebels hinein, in die sie wegen ihrer größeren Masse recht tief eindringen, um die Keime für die Entstehung von Planeten und Monden zu bilden. Sie nehmen allmählich durch Zusammenstoß mit den begegnenden Gasmassen ihre kreisende Bewegung um die Drehungsachse des Nebels an, kondensieren dabei einen Teil dieser Gasmassen an ihrer Oberfläche und erreichen dadurch eine hohe Temperatur, die sie jedoch durch Ausstrahlung verhältnismäßig rasch wieder verlieren.

Die Betrachtungen des **Arrhenius** führen uns zu dem Schluß, daß um den Zentralkörper eines Nebelflecks eine ungeheure, gewöhnlich um ihre Achse rotierende Gasmasse gelagert ist und daß sich außerhalb derselben die übrigen Kondensationszentren mit den um sie herum angehäuften Gasmassen um den Zentralkörper bewegen. Durch die Reibung zwischen diesen eingewanderten Massen und der ursprünglichen Gasmasse, die in der Äquatorialebene des Zentralkörpers kreist, haben sich jene immer mehr dieser letzteren genähert, die sich deshalb wenig von der Ekliptik unterscheidet. So erhalten wir ein richtiges Planetensystem, in dem die Planeten von kolossalen Gaskugeln umgeben sind, wie die Sterne in den Plejaden. Wenn nun, wie im Sonnensystem, die Planeten im Vergleich mit dem Zentralkörper sehr geringe Masse haben, so kühlen sie sich unendlich viel rascher ab als dieser.

Ihre Gasmassen sickern bald zusammen, wobei sich ihre Rotationszeit verringert. Infolge der stets sehr großen Ausdehnung des Zentralkörpers bringen die herumwandernden Planeten eine sehr starke Ebbe- und Flutwirkung auf ihm hervor. Seine Umdrehungsgeschwindigkeit nimmt dadurch ab, während die Umlaufszeit der Planeten danach strebt, sich zu vergrößern. Das dadurch gestörte Gleichgewicht wird aber wieder hergestellt, indem der Planet sozusagen von der Sonne fortgehoben wird, wie G. H. **Darwin** es sehr sinnreich am Verhalten des Mondes zur Erde gezeigt hat. Ähnliche Verhältnisse machen sich in der Umgebung der Planeten geltend, die auf solche Weise ihre Monde erhalten. So erklärt sich auch der merkwürdige Umstand, daß sich alle Planeten fast in derselben Ebene, der sogenannten Ekliptik, auf nahezu kreisförmigen Bahnen bewegen, daß sie sich alle in der gleichen Richtung bewegen und nebst ihren Monden dieselbe Umlaufsrichtung haben wie der Zentralkörper, die Sonne. Nur die äußersten Planeten, die einer geringeren Gezeitenwirkung ausgesetzt gewesen sind, wie Uranus und Neptun, machen hievon eine Ausnahme.

An den Schluß dieser Betrachtungen stellt **Arrhenius** einen Vergleich zwischen den Ansichten, die noch bis vor kurzer Zeit über Weltentwicklung galten, und den Aussichten, die sich unsern Blicken nach den Entdeckungen der jüngsten Zeit eröffnen.

Infolge der **Newtonschen** Schwerkraft, die bis zum Beginne des 20. Jahrhunderts für die Beherrscherin der Bewegungen und der Entwicklung der materiellen Welt gehalten wurde, müßten die Himmelskörper danach streben, sich zu immer größeren Massen zusammenzuballen. Im unendlichen Laufe der Zeiten müßte die Entwicklung soweit fortgeschritten sein, daß nur noch große Sonnen, leuchtende oder erloschene, existierten. Alles Leben würde unter solchen Verhältnissen unmöglich sein.

Aber doch sehen wir in der Nähe der Sonne eine ganze Menge dunkler Körper, die Planeten, und dürfen mit Recht annehmen, daß es auch in der Nähe anderer Sterne dunkle Himmelskörper gibt. Ebenso beobachten wir, daß eine ganze Menge kleiner Himmelskörper als Meteoriten oder Sternschnuppen auf die Erde stürzen, indem sie aus den



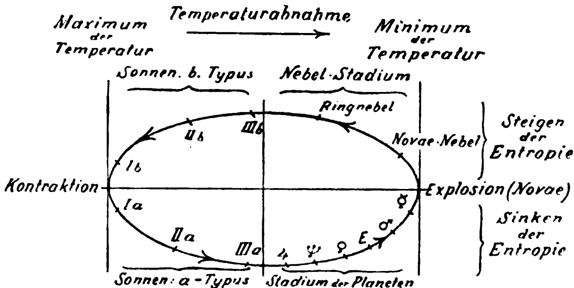
entlegensten Teilen des Weltenraumes zu uns kommen.

Die Erklärung für diese Abweichungen von dem, was wir als Folge der ausschließlichen Schwerkraftwirkung erwarten könnten, liegt in zwei Umständen: in der Wirkung des Strahlungsdruckes und in der Wirkung der Zusammenstöße zwischen Himmelskörpern. Durch letztere entstehen große Gaswirbel um nebelfleckartige, gasförmige Gebilde. Durch den Strahlungsdruck wird kosmischer Staub, der teilweise zu Meteoren und Kometen zusammengewachsen sein kann, in die Gaswirbel hineingeführt und bildet da, zusammen mit Kondensationsprodukten aus den umgebenden Gasmassen, Planeten und diesen folgende Monde.

Die Gasmassen in den Nebelflecken bilden die wichtigsten Sammelstellen für den Staub, den die Sonnen durch Strahlungsdruck wegstoßen. Wäre die Welt begrenzt, wie man früher annahm, lägen also die Sterne in einem großen Haufen zusammengeballt, und gäbe es außerhalb dessen nur den unendlichen leeren Raum, so wären die von den Sonnen während unbegrenzter Zeiten durch Strahlungsdruck abgestoßenen Staubmassen in dem unendlichen Raum verloren gegangen, so wie man es gewöhnlich von der Strahlungsenergie der Sonnen annimmt. Die Weltentwicklung müßte dann schon lange zu einem Ende gekommen sein, zu einer Art Vernichtung aller Materie und aller Energie. Durch das ausgleichende Zusammenwirken von Schwerkraft und Strahlungsdruck, sowie von Temperaturausgleich und Wärmekonzentration wird es möglich, daß sich die Weltentwicklung in einem fortwährenden Kreislauf bewegt, bei dem wir weder Anfang noch Ende wahrnehmen können, und bei dem auch das Leben Aussicht hat, beständig und unvermindert weiter zu bestehen.

In dem letzten Kapitel seines Werkes sucht Arrhenius die Unzerstörbarkeit des Lebens im Weltall darzutun. Er hält es für wahrscheinlich, daß Samen der niedrigsten uns bekannten Organismen von der Erde und anderen von ihnen bewohnten Planeten in den Raum hinausgestreut werden. So wie Samen im allgemeinen, so gehen die weitaus meisten hinausbeförderten Sporen dem Tode entgegen im kalten, unendlichen Weltenraum; aber eine kleine Anzahl gelangt zu anderen Himmelskörpern und ist im stande, dort unter günstigen äußeren Bedingungen Leben zu verbreiten. In vielen Fällen sind diese nicht vorhanden, manchmal dagegen fallen die Keime auf guten Boden. Und wenn es auch eine oder mehrere Millionen Jahre dauern sollte von dem Zeitpunkte an, da ein Planet anfangen **kann**, Leben zu tragen, bis zu dem Augenblick, da der erste Samen auf ihn fällt und aufsprießt, um ihn für das organische Leben in Besitz zu nehmen, so bedeutet das wenig im Vergleich zu dem Zeitraum, während dessen das Leben auf dem Planeten dann in voller Blüte steht.

Neben begeisterter Zustimmung haben diese Hypothesen und Theorien des großen schwedischen Physikers auch mehrfachen Widerspruch erfahren, der sich meist allerdings mehr gegen einzelne Teile seines Gedankengebäudes vom „Werden der Welten" als gegen das ganze Haus richten. In einem Aufsatz „Über kosmische Entwicklung" bespricht Adalbert Berny*) einige Schwächen der Arrheniusschen Darstellung. Die Schwäche dieser Hypothese liege nicht so sehr in ihrem Widerspruch gegen den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie,**) aus dem Clausius das dereinstige Eintreten eines Wärmetodes für das Weltall gefolgert hat, sondern darin, daß die von ihr geforderten Änderungen des Zustandes des kosmischen Materials, bei denen der Wärmeausgleich gehemmt werden soll, (nämlich der Zusammenstoß erloschener Sterne und das Eindringen heißer Sonnen in Nebelmassen) nichts enthalten, das außerhalb der Ordnung liegt, in die sich übereinstimmend mit den physikalischen Sätzen der allgemeinsten Gültigkeit die Vorgänge in der Welt einfügen. Unwahrscheinlich ist ferner der Zusammenstoß großer Weltkörper; das einzige Phänomen, das für die Möglichkeit solcher Zusammenstöße angeführt werden könnte, das Erscheinen neuer Sterne, geht zu rasch vorüber und schließt anders ab als mit der Bildung der von Arrhenius gefolgerten Spiralnebel; ferner erweist das Bestehen der dichten Sternhaufen und der sehr engen Doppelsternpaare, daß auch sehr große Annäherung zwi-



schen kosmischen Massen recht stabil sein kann.

Dennoch kommt auch A. Berny auf einem Umwege zu der von Arrhenius geforderten Umkehr der Entropie oder zur Ektropie, wie er es bezeichnet. Er knüpft an die oben kurz gekennzeichnete Hypothese vom panspermischen Ursprung des Lebens an. Hier erfolgt im Gegensatz zu dem physikalischen „Gesetz der elementaren Unordnung" die Entwicklung minder wahrscheinlicher Komplexe aus minder geordneten niedrigeren Elementen. Wenn es aber überhaupt ein außerphysikalisches Geschehen auf der Erde gibt, das durch das Streben der Entropie nach einem Minimum bedingt wird, dann wird es zulässig sein zu suchen, wo sich im Kosmos eine derartige ektropische Möglichkeit am anorganischen Stoffe äußert, für den sie auf unserer Erde mit ihrem so viel beschränkteren Wahrscheinlichkeitsbereich nicht besteht. Diesen Gedanken weiter ausführend, gelangt der Verfasser zu zwei Systemen des Weltverlaufes, einem entropischen und einem ektropischen. Der Ablauf der Veränderungen in ihnen stellt er in dem obigen und dem folgenden Schema dar, von denen der Anfang des zweiten an das Ende des ersten anknüpft.

---

*) Das Weltall, 13. Jahrg. (1913), Heft 22.

**) Wärme kann niemals von selbst aus einem kälteren Körper in einen wärmeren übergehen.

Entropisches System: (He ←— ..... ←— Ur ←—)	Ektropisches System: (←— Ur ←— ..... ←— He)
Heiße Sonnen am Anfang des Prozesses.	Kalte Nebel am Anfang des Prozesses.
Radioaktiver Zerfall (als Wärmequelle), Abströmen von He und Elektronen.	Aufbau des Stoffes. Einfangen von He und Elektronen aus dem Weltraume.
Fortschreitende Abkühlung durch Ausstrahlung.	Fortschreitende Erwärmung durch Einstrahlung.
Übergang von Sonnen des Typus Ia in solche von Typus IIa und weiter durch zunehmende Sonnenfleckenbildung in den Typus IIIa; endlich in dunkle (ultrarot) strahlende Körper.	Übergang von kugelähnlichen Massen mit schwach strahlendem Kern (Ringnebel) in Sonnen vom Typus IIIb.
Stadium des Jupiter.	
Die Oberfläche verliert Energie; im Innern entstehen durch die fortschreitende Kontraktion unter Druck (endotherme) hochmolekulare energiereiche Verbindungen; der radioaktive Zerfall ist im Kern gering wegen der hohen Temperatur.	In den obersten Schichten nimmt die Energie zu; im Innern zerfallen durch den Druck infolge der Kontraktion die ursprünglich vorhandenen exothermen (nur bei niederer Temperatur stabilen) Verbindungen. Der Aufbau des Stoffes nimmt mit dem Sinken der Temperatur im Kern ab und nähert sich dem Minimum.
Die Energie in der Oberfläche sinkt unter den ursprünglichen Wert, die Energie des Kerns überschreitet ihn.	Die Energie der Oberfläche steigt über den ursprünglichen Wert, die Energie des Kerns unterschreitet ihn.
Die Kontraktion verringert den Effekt der Ausstrahlung und begünstigt die Bildung eines sehr dichten, heißen Kerns.	Die Kontraktion vergrößert den Effekt der Ausstrahlung und wirkt der Bildung eines sehr dichten heißen Kerns entgegen.
Nach dem Erreichen eines bestimmten kritischen Punktes in der Entwicklung (über die Stadien der Venus, der Erde, des Mars, des Merkur) erfolgt eine plötzliche Explosion infolge des Überdruckes im Kern gegen die energiearme nachgebende Rinde (Phänomen der Novae). Plötzlicher Zerfall des energiereichen Kerns aus endothermen Molekülen und radioaktiven Komplexen: Abschleudern von Nebelmassen in den Raum.	Nach dem Erreichen eines bestimmten kritischen Punktes erfolgt ein plötzliches Eintreten der durch die äußere Erwärmung verzögerten Kontraktion: Plötzliche Vereinigung der energiearmen Elemente im Kern infolge der durch den Druck verursachten Temperatursteigung, Bildung eines energiereichen Kerns mit einer anfänglich sehr niedrigen Atmosphäre.
Entstehung eines Nebels aus einer ursprünglichen Sonne vom Typus Ia.	Entstehen einer Sonne vom Typus Ia aus dem ursprünglichen Nebel.

Infolge ihrer gegenseitigen Einwirkung werden diese beiden Systeme niemals in völliger Reinheit auftreten, sondern sind nur insoweit als auf- oder absteigende zu bezeichnen, als in ihnen der Aufbau oder der Zerfall die nebenher bestehende Gegenstrebung überwiegt. Niemals löst sich eine erloschene Sonne restlos zu den diffusen Nebelmassen auf, in welche die Novae übergehen, sondern es bleibt ein zentraler Kern — der des späteren Ringnebels — zurück, der im Ringnebel sich in demselben Maße auflöst, wie der Aufbau in der Hülle fortschreitet.

Ganz im Gegensatz zu den übrigen Weltentstehungstheorien, die ihren Ausgang gewöhnlich von einer Art der Nebelformen des Weltalls nehmen, steht die Glazialkosmogonie von Hörbiger und Fauth.*) Durch Zusammenarbeiten des Ingenieurs und Eisengießers Hörbiger mit dem Mondforscher Fauth ist ein dem Astronomen ferner liegendes Element in die Wissenschaft eingeführt worden: die Gewalt hochgradig überhitzter und gespannter Wasserdämpfe. Neu an dieser Theorie ist die Annahme, daß im Weltall außer den bekannten Mineralien und Metallen das Eis in ungeheuren Massen als selbständiger und planetenbildender Körper auftritt. Nach dieser Annahme sind die äußeren Planeten mit ihrem geringen spezifischen Gewicht von ungefähr 1 reines Eis, vielleicht mit einem mineralischen Kern. Der Äther als widerstehendes Mittel verengert im Laufe der



Nebel um Nova Persei am 31. Januar 1902.**) Photogr. Lick Observ.

Zeit die Bahn eines jeden Planeten, Jupiter nimmt nach und nach Neptun und Uranus und Saturn auf, nachdem die inneren Planeten schon vorher in die Sonne gestürzt sind. Endlich wird die ungeheure Eismasse der vereinigten großen Planeten in die Sonne stürzen und tief in die Sonnenmasse eintauchen, sich nach Art des Leydenfrostschen Tropfens in eine Dampfwolke hüllen und, durch diese geschützt, so lange in der Sonne stecken, bis die ganze Masse langsam durchhitzt und unter dem Drucke der darüberlagernden Massen in hochgespannten Dampf verwandelt ist. Dieser muß sich dann plötzlich in einer gewaltigen Katastrophe Luft machen, wobei ein großer Teil der Sonne explosiv abgeschleudert wird.

Handelt es sich hiebei nun um einen Riesenstern von vieltausendfacher Größe unserer Sonne und um einen entsprechend großen hineinstürzenden Begleiter, der größtenteils aus Eismassen besteht, so sind die Vorbedingungen zur Entstehung eines neuen Sonnensystems gegeben. Das Wasser hat sich zersetzt, der Sauerstoff ist von den Metallen

*) Naturw. Wochenschr., Bd. XII (1913), Nr. 36, Ref. von Dr. Riem.

**) Nach Scheiner, Pop. Astrophysik. Verlag von B. G. Teubner Leipzig.

aufgenommen, der Wasserstoff frei geworden. Bei der Explosion werden die leichtesten Teile am schnellsten voraneilen, die schwereren nachkommen. Durch das Nachlassen des Druckes wird der Sauerstoff wieder frei und verbindet sich mit dem Wasserstoff, so daß die ganze Masse in einen aus Eisstaub bestehenden Nebel gehüllt ist und von außen gesehen im Lichte des Hauptsternes leuchtet. Der Widerstand des Äthers hemmt den feinen Staub, der sich langsam immer weiter ausdehnt und so einen Eisstaubring von riesigen Dimensionen bildet, wie wir ihn im Ringnebel der Leyer sehen (siehe Jahrb. XI, 1913, S. 19). Die schwereren Massen kommen nach, der mineralische Hauptteil zuletzt. Bei der Explosion sind nun Massen in allen Größen entstanden, die sich sowohl nach ihrer Größe wie nach ihrer Schwere anordnen, aber im ganzen eine gemeinsame Fortbewegungsrichtung haben, wie die Sonne mit ihren Planeten gegen den Apex schwebt. Für unser Sonnensystem erscheint der Eisring als ein Teil der scheinbaren Milchstraße, der im Fernrohr nicht deutlich wahrnehmbar ist; er wird mit zunehmenden Vergrößerungen immer undeutlicher und ist daher nicht meßbar. Er ist einige Neptunsweiten entfernt, also jenseit der Grenze der Gravitationswirkung der Sonne. Im Laufe der Zeit ordnet sich das System, am meisten voran liegen die großen Eismassen, aus denen sich die äußeren Planeten gebildet haben. Sie nehmen noch immer zu durch weitere Aufnahme kosmischer Eismassen. Der Hauptmasse der Sonne näher liegen die mineralischen Kerne, Merkur bis Mars, kenntlich an ihren hohen spezifischen Gewichten. Die ungleiche Verteilung der Massen bei der großen Anfangsexplosion und der Widerstand des Äthers verleihen dem Ganzen einen gewissen gemeinsamen Umdrehungssinn. Die Monde, einstmals selbständige Körper, sind beim Engerwerden ihrer Bahnen im Laufe der Zeit ihren jetzigen Hauptkörpern so nahe gekommen, daß sie von diesen eingefangen wurden, wie sich aus der Betrachtung der wahren Bahnform unseres Mondes ergibt, die immer zur Sonne konkav ist. Jeder Mond wird einst durch Aufsturz auf seinen Planeten enden.

Da sich unser Milchstraßeneisringnebel langsamer als die Sonne mit den Planeten bewegt, so wird diese ihn in der Richtung nach dem Apex hin einholen und hier im Laufe der Zeiten durchbrechen müssen, wie z. B. der Omeganebel solch ein an einer Stelle deutlich durchbrochener Ringnebel ist. Wir bekommen also von einer Seite aus durch die gemeinsame Anziehung der Sonne und der Planeten einen dauernden Zufluß kosmischen Eises. Dieses vergrößert alle Planeten, hat den Mars unter ein tiefes Eismeer gesetzt, dessen Brüche die Kanäle sind, und fällt auch dauernd auf die Erde herab. Ohne solchen Eiszufluß wäre diese längst ausgetrocknet, da die Masse der Meere im Vergleich zur Masse des Erdkörpers verschwindend klein ist; das Wasser wäre längst chemisch gebunden und durch Versickerung verschwunden. Eismeteore in allen Größen fallen dauernd hernieder. Gerät ein sehr großes Eismeteor in die Atmosphäre, so wird es zerspringen, und die Eismassen werden in kleine Stücke verteilt als Hagel in scharf begrenzter Schußbahn auf die Erde gelangen. Ist die Masse kleiner, so daß sie in einiger Höhe verdampft, so gibt das Haufenwolken, die, allseitig scharf begrenzt, denselben Anblick gewähren wie die aus dem Geschütz hervorgeschleuderte Pulverdampfwolke. Noch kleinere Massen ergeben die Regenwolken usw. Auch die Zirruswolken sind in den oberen Schichten zertrümmerte Eismassen. Der vereinigte Einfluß des Jupiter und des Mondes auf den Zustrom des Eises ergibt die bekannte 36jährige Dauer der Brücknerschen Klimaschwankung.

Das Eis stürzt jedoch, und zwar noch viel stärker, in die Sonne, die so in Wahrheit mit Eis geheizt wird. Daher sehen wir ungeheure Mengen von Wasserstoff in den Protuberanzen ausstrahlen. In den Flecken der Sonne ist Wasserdampf nachgewiesen worden. Das Eis wird eben durch die Hitze zersetzt, der Sauerstoff von den Metallen aufgenommen und der Wasserstoff ausgestoßen, wobei der überhitzte Wasserdampf wieder die explosive Kraft liefert. So erhalten wir die Koronastrahlen, in denen neben dem Wasserstoff Metallstaub in hochgradig elektrisch geladenem Zustand ausgeschleudert wird; letzterer gelangt durch den Strahlungsdruck bis zu den Planeten und ist als Meteorstaub auf der Erde bekannt. So erklären sich die Zusammenhänge mit der Sonne, die sich in allen erdmagnetischen Erscheinungen zeigen. Der ausströmende Wasserstoff bindet sich draußen wieder mit dem Sauerstoff zu Wasser und dieses erstarrt zu Eis, das als solches zur Erde gelangt. Der Sonneneinfluß tritt deutlich zu Tage, vor allem in den tropischen Regengüssen, die genau dem Stande der Sonne folgen. Dieser Eisstrom zeigt sich z. B. auch bei Finsternissen, wo man bisweilen den Schatten des Mondes außerhalb der verfinsterten Sonne auf ihm sehen kann. Ebenso ist das Zodiakallicht der Sonneneisstrom, der durch die Sonne beleuchtet wird. Die ganze Sonnentheorie läßt sich aus diesem Grundgedanken ableiten, die elfjährige Fleckenperiode, das Erscheinen der Flecken erst in höheren Breiten und ihr Hinabsteigen zu niederen, das sprungweise Sichbewegen der Flecken und anderes.

So kann sich jeder Stern auf Kosten seiner Planeten und der ihm zu nahe kommenden Eismassen ständig vergrößern und ins Ungemessene wachsen, wie die Giganten Herzsprungs beweisen. Das allmähliche Aufeinanderstürzen seiner Planeten zu einem großen Hauptplaneten wird durch die große Anzahl der Doppelsternsysteme bewiesen, bei denen der eine Begleiter sehr häufig dunkel ist. Diese Systeme dauern nur noch verhältnismäßig kurze Zeit bis zum Sturz des Begleiters in den Hauptstern. Dann tritt die oben geschilderte Explosion ein. Eine solche war auch das Auftreten der Nova Persei, bei der die langsame Ausdehnung der Eisnebelmassen auf den Platten zu sehen war. Wenn die Gigantensonne eine Explosion im größten Maße erleidet, dann stößt sie nicht nur ein Sonnensystem aus wie das unsrige, sondern gleich eine ganze Anzahl, die dann denselben Weg wandern. So haben wir die großen Sternzüge, die in gleicher Richtung im Raume ziehen, z. B. den Hyadenschwarm, den Bärenschwarm und andere. Hat die Explosion einen sehr starken Streuungskegel, so bil-



den die ausgestoßenen Sterne einen Sternhaufen, der je nach der Art der Ausstoßung kugelig oder fächerförmig sein wird.

So findet, wie Dr. Riem betont, jeder Vorgang im Fixsternsystem, im Sonnensystem und auf der Erde in dieser Glazialkosmogonie seinen Platz. Mit den einfachsten Mitteln werden die größten Erfolge erzielt. Auch hier wird die Weltentwicklung als ein Kreislauf gedacht. Der Widerstand des Äthers treibt die Weltkörper immer wieder zusammen, und die explosive Gewalt des zersetzten und überhitzten Wasserdampfes ist die Kraft, die den neu entstehenden Weltkörpern die Energiemassen wiedergibt, deren sie zu ihrem Leben bedürfen.

Wenden wir uns nun von diesen Betrachtungen allgemeinster Natur, die mangels ausreichender faktischer Daten noch lange etwas Schwankendes behalten werden, zu den Phänomenen des Fixsternhimmels.

Aus der Fixsternwelt.

Die Durchmesser und Temperaturen der Fixsterne sind der Gegenstand einer zusammenfassenden Arbeit von Prof. Ad. Keller,*) in der zunächst die bisher übliche Methode zur Ermittlung der wahren Größe der Himmelskörper beschrieben wird.

Zur Ausmessung eines Himmelskörpers bedurfte man bisher einer genauen Kenntnis seiner scheinbaren Größe, d. h. des Sehwinkels, unter dem sein Durchmesser von der Erde aus erscheint, und seiner Entfernung; letztere läßt sich berechnen aus seiner Parallaxe, d. h. aus dem Winkel, unter dem der Radius der Erdbahn von dem Stern aus gesehen wird. Beobachtet man nämlich von zwei entgegengesetzten Punkten der Erdbahn aus, also mit einem Zwischenraum von sechs Monaten, denselben Fixstern, so werden, falls der Stern in unermeßlicher Ferne steht, die beiden Sehrichtungen parallel sein; bei kleinerer Entfernung dagegen bilden sie einen, wenn auch kleinen Winkel, der gleich der doppelten Parallaxe ist. Durch einfache trigonometrische Rechnung findet man dann aus dem bekannten Erdbahnradius (149·5 Millionen Kilometer) die Entfernung des Sternes in Kilometern.

Von etwa 85 Sternen hat man bisher die Parallaxe mehr oder weniger genau bestimmen können; sie beträgt durchweg nur wenige Zehntel einer Bogensekunde, und die aus ihr ermittelten Werte für die Entfernungen sind so ungeheuer groß, daß man zu ihrer Bezeichnung ein neues Maß, das Lichtjahr, geschaffen hat, d. h. eine Strecke von rund 9,500.000 Millionen Kilometern, die das Licht in einem Jahre durchläuft. Der uns am nächsten stehende Fixstern α Centauri (große Parallaxe von 0″·75) hat eine Entfernung von 4·3 Lichtjahren; vom entferntesten mit noch meßbarer Parallaxe braucht das Licht dagegen bereits 191 Jahre, um auf die Erde zu gelangen, er ist also 191 × 9,500.000 Millionen Kilometer von uns entfernt, und die übrigen Sterne sind zum Teil so weit entfernt, daß Jahrtausende vergehen mögen, bis ein jetzt auf ihnen aufblitzender Lichtstrahl an unser Auge gelangt. Infolge dieser gewaltigen Entfernungen sind aber ihre scheinbaren Durchmesser so klein, daß sie weit unter der Grenze der Meßbarkeit liegen. Wäre auch α Centauri so groß wie unsere Sonne, so wäre sein scheinbarer Durchmesser doch nur sieben Tausendstel einer Bogensekunde, während unsere Instrumente nicht einmal die Hundertstel genau messen können.

Da nun eine direkte Ausmessung des scheinbaren Durchmessers sich als unmöglich erwiesen hat, so griff man zu einem anderen Verfahren und zog statt der scheinbaren Größe der Sterne ihre Helligkeit zur Ermittlung der wahren Größe heran. Aber auch hier gab es gewaltige Schwierigkeiten zu überwinden. Nach der Helligkeit ordnet man die Sterne in Klassen, so daß die hellsten zur ersten, die bei klarer Luft noch mit gutem Auge sichtbaren zur sechsten Klasse gerechnet werden. Die genauen Lichtmessungen in den letzten Jahrzehnten haben ermöglicht, diese Klasseneinteilung zahlenmäßig genauer durchzuführen. Man rechnet die Klassen nun in der Weise, daß der Sterntypus jeder folgenden Klasse 2·512mal weniger Licht aufweist als der vorhergehende. So ist also die zweite Klasse 2·512mal lichtschwächer als die erste, die dritte um ebensovielmal schwächer als die zweite, also um 2·512 × 2·512 = 6·31mal schwächer als die erste; die vierte, fünfte und sechste Klasse sind 15·85-, 39·28- und 100mal lichtschwächer als die erste Klasse. Mit anderen Worten: von fünf zu fünf Klassen ist das Helligkeitsverhältnis = 100. Besonders helle Sterne müssen zur nullten, —1., —2. usw. Klasse gerechnet werden, wenn sie 2·512-, 6·31- usw. mal heller sind als der Normalstern der ersten Klasse. So ist die genaue Größenklasse des Sirius gleich —1·6, die der Sonne gleich —26·83.

Die größere Helligkeit eines Sternes kann verschiedene Ursachen haben: eine geringe Entfernung, beträchtliche Größe oder größere Flächenhelligkeit, als sie andere besitzen. Da die Helligkeit mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, würde uns die Sonne in zehnfachem Abstand nur den 100. Teil des Lichtes zusenden; sie wäre um fünf Größenklassen kleiner, also der Klasse —21·83 (statt —26·83) angehörig. In der 10.000fachen Entfernung hätte sie nur noch die Größe —6·83, im Abstand des Sternes Wega in der Leier, dessen Helligkeit 0·14 ist, wäre sie von der Größe 4·88, d. h. etwa 80mal lichtschwächer. Demnach müßte Wega eine 80mal so große Oberfläche haben als die Sonne (1,391.000 Kilometer), wenn man voraussetzen dürfte, daß ihre Flächenhelligkeit dieselbe sei wie die der Sonne. Die Radien, die sich für sie und andere Fixsterne unter dieser Voraussetzung ergeben, nennt man äquivalente Halbmesser, weil eine Sonne von diesem Halbmesser dem betreffenden Stern an Leuchtkraft äquivalent (gleichwertig) wäre (vergl. Tabelle).

Nun braucht aber die Flächenhelligkeit der Sterne durchaus nicht gleich der der Sonne zu sein, ja es ist sicher, daß sie es in vielen Fällen nicht ist. Bei Sternen, deren Flächenhelligkeit die der Sonne übertrifft, ist offenbar keine so große Oberfläche anzunehmen, um dieselbe Leuchtkraft zu erhalten,

*) Das Weltall, 13. Jahrg., Heft 21.

und umgekehrt. Man mußte also zunächst die Flächenhelligkeit der Sterne zu ermitteln suchen, wozu sehr wichtige Vorarbeiten auf dem Gebiete der Strahlungserscheinungen nötig waren.

Die Temperatur eines Körpers und der Stoff, aus dem er besteht, bestimmen seine Strahlung, aber nach Gesetzen, die uns nicht genau bekannt sind. Nur innerhalb gewisser Grenzen kennt man die Beziehungen zwischen (absoluter) Temperatur und Strahlung für den sogenannten „absolut schwarzen Körper“, der die Eigenschaft hat, alle auf ihn fallenden Strahlen zu absorbieren, d. h. weder zurückzuwerfen, noch durchzulassen. Lampenruß und noch besser Platinschwarz kommen diesem natürlich nur hypothetischen Körper am nächsten. Unterhalb Glühhitze erscheinen diese Stoffe schwarz, weil sie ja fast alles auffallende Licht verschlucken, über Glühtemperatur erhitzt, leuchten sie dagegen um so heller, je näher sie dem „absolut schwarzen Körper“ stehen.

Erhitzt man einen solchen schwarzen Körper auf hohe Temperatur (von 520 Grad aufwärts), so leuchtet er zuerst in Rotglut, um allmählich über Gelb zur Weißglut überzugehen. Läßt man die von ihm ausgehenden Strahlen durch das Prisma fallen, so tritt im Spektrum zuerst besonders das rote Ende hervor, bei höherer Temperatur das Gelb und endlich das blaue Ende. Durch genaue Messung der Energieverteilung im Spektrum läßt sich dann die Temperatur des ausstrahlenden Körpers (nach dem sogenannten Verschiebungsgesetz von Wien) bestimmen. Je mehr das Höchstmaß der Strahlung gegen das violette Ende des Spektrums verschoben erscheint, desto höher ist die Temperatur. Auf diese Weise haben Scheiner und Wilsing am astrophysikalischen Institut zu Potsdam die Temperaturen von 109 Sternen bestimmt (siehe Jahrb. IX, S. 38), wobei sich herausstellte, daß die weißen und bläulichen Sterne eine Temperatur von mindestens 8700—9600 Grad besitzen, während die gelblichen Sterne, u. a. unsere Sonne, 4000—6300 Grad und die rötlichen 3200—4000 Grad zeigten. Diese „effektive Temperatur“ ist aber immer noch nicht die wirkliche, sondern bedeutet nur eine untere Grenze. Weil nämlich der Stern nicht die besonders günstigen Strahlungseigenschaften des absolut schwarzen Körpers hat, so muß er in Wirklichkeit eine etwas höhere Temperatur besitzen, um die gefundene Strahlungsenergie liefern zu können. Außerdem verschluckt wahrscheinlich die Atmosphäre der Fixsternsonnen einen Teil der Strahlung (siehe Tabelle).

Nachdem so aus der Energieverteilung im Spektrum eines Sternes ein unterer Grenzwert für seine Temperatur gefunden ist, läßt sich umgekehrt aus dieser Temperatur die Flächenhelligkeit des Sternes im Verhältnis zur Flächenhelligkeit der Sonne berechnen. Ergibt sich z. B. dabei, daß der Stern eine dreimal so große Flächenhelligkeit wie die Sonne besitzt, so braucht seine strahlende Oberfläche behufs Erzeugung der gemessenen Strahlung offenbar nur den dritten Teil der gefundenen Oberfläche zu betragen. Aus der so berechneten Oberfläche ergibt sich dann der sogenannte „effektive Halbmesser“, der bei hohen effektiven Temperaturen, d. h. bei großer Flächenhelligkeit, kleiner ist als der äquivalente, bei den kälteren Sternen diesen aber übertrifft. In der folgenden Tabelle sind einige der gefundenen Resultate gegeben. Der äquivalente Halbmesser, ausgedrückt in Sonnenradien, ist aus Größenklasse und Entfernung (Parallaxe) unter Voraussetzung gleicher Flächenhelligkeit für Sonne und Stern berechnet, die effektive Temperatur aus Spektralbeobachtungen gefunden. Der effektive Halbmesser endlich ist unter Berücksichtigung der effektiven Temperatur und der sich daraus ergebenden Flächenhelligkeit bestimmt.

Name des Sternes	Effektive Temperatur	Äquivalenter Radius	Effektiver Radius
Algol	13800° C	12	2 Sonnenradien
Sirius	12200	5	1 „
Wega............	12200	9	2 „
Regulus...........	9400	15	7 „
Polarstern	8200	7	3 „
Atair	7100	3	2 „
Prokyon.	6800	2	1 „
ζ Herkulis	5500	2	2 „
Sonne...	5300	1	1 „
μ Herkulis.........	5200	2	3 „
70 Ophiuchi	4800	1	2 „
Capella	4700	12	15 „
Pollux	4400	9	20 „
Aldebaran	3500	8	28 „
Arktur	3500	11	56 „
Beteigeuze	2900	19	220 (?) „

Man erkennt aus der Tabelle leicht, daß bei Sternen, deren effektive Temperatur und Flächenhelligkeit größer ist als bei der Sonne (5300 Grad), der effektive Radius kleiner ist als der äquivalente. Trotz der ungeheuren Lichtmenge, die sie aussenden, sind sie daher nicht viel größer als die Sonne. Dagegen finden sich unter den kalten Sternen (Capella bis Beteigeuze) Himmelskörper von riesigen Ausdehnungen. Die letzte Reihe der Tabelle läßt erkennen, daß die Sonne sowohl nach Temperatur als auch nach Größe eine Mittelstellung unter den untersuchten Sternen einnimmt. Allerdings dürften einige sehr helle Sterne, deren Parallaxe nicht meßbar ist (Deneb im Schwan u. a.), die uns also trotz großer Entfernung sehr viel Licht zustrahlen, sie an Größe und Temperatur ganz bedeutend übertreffen, während anderseits viele Sonnen durch ihre geringe Größe oder niedere Temperatur sich auch der Beobachtung durch das Fernrohr entziehen.

Im Jahre 1885 haben Vogel und Scheiner für den veränderlichen Stern Algol den Radius des hellen Hauptsternes zu 1·3 Sonnenhalbmessern berechnet, ein Wert, der mit dem oben angegebenen Wert 2 für den effektiven Radius des Algol zwar nicht ganz, aber doch weit besser als mit dem äquivalenten Halbmesser 12 übereinstimmt. Die Methode von Vogel und Scheiner für Doppelsterne ist vollständig unabhängig von der Kenntnis der Parallaxe, ist also auf Doppelsterne vom Algoltypus, die Tausende von Lichtjahren entfernt sind, ebenso gut anwendbar wie für nahe, wenn sie

nur genügend Licht für die Spektralbeobachtung aussenden.

Die heißesten Sterne sind nach Ant. Pannekoek*) die typischen Heliumsterne. In einer nach Farben- und Temperaturzahlen geordneten 19stufigen Skala der helleren Sterne nehmen sie die Klasse IV oder IV—V ein. Nach beiden Seiten von ihnen steigt die Farbe und nimmt die Temperatur ab, nicht nur nach der Seite der Siriussterne des I. Typus, sondern auch nach den Wolf-Rayet-Sternen hin, zu denen die Klassen I und II einen Übergang bilden. — Wie große Schwierigkeiten es macht, für die unglaublich weit entfernten Fixsterne auch nur einigermaßen sichere Daten zu erhalten, beweisen die Temperaturzahlen, welche zwei Forscher unabhängig voneinander für eine Anzahl gleicher Sterne gefunden haben. Ch. Nordmann hat seine Messungen unter Zugrundelegung der Spektralstrahlen 460—530 μμ ausgeführt, Rosenberg hat sich der Strahlen von der Wellenlänge 400—500 μμ bedient. Es ergaben sich dabei für die fünf genannten Sterne folgende Temperaturen (erst nach Nordmann, dann nach Rosenberg):

δ Persei	18500°	15500°
Vega	12200°	22000°
Polarstern	8200°	5200°
Sonne	5320°	4950°
Aldebaran	3500°	2150°

Abgesehen von der Vega, wo der Unterschied 10.000° beträgt, ist die Übereinstimmung befriedigend, denn der relative wahrscheinliche Fehler einer Messung wächst proportional mit der Temperatur. Wenn er also bei der Sonne 8 Prozent beträgt, wird er für den etwa dreimal so heißen Stern δ Persei gleich 24 Prozent sein. (Die Naturwissenschaften, 1913, Nr. 37.)

In einer Studie über den Bau und die Dimensionen der Milchstraße hat Fr. W. Very**) versucht, den Bau dieses für uns allerverwickeltsten Gebildes im Weltall aufzuklären. Auch er nimmt an, daß die Milchstraße eine Spirale sei, deren Knoten uns ziemlich nahe ist. Von diesem Knoten gehen wie bei allen Spiralnebeln zwei Arme aus, beide ganz herumgeschwungen, so daß sie sich von uns aus gesehen überdecken und nur durch statistische Untersuchungen getrennt werden können. Jeder Arm hat einen ungefähr kreisförmigen Querschnitt, so daß also zwei Kreisringe vorliegen. Der innere ist von uns etwa 60 Lichtjahre entfernt und besteht vornehmlich aus Sternen 13.—14. Größe, der äußere Ring soll 180 Lichtjahre entfernt sein und die Sterne der 15.—16. Größe enthalten. Im ganzen sind es etwa 300 Millionen Sterne, eine Zahl, die gut mit den früheren Angaben anderer Berechner übereinstimmt, während die Abstände sehr viel kleiner angegeben werden. Very läßt die Milchstraße entstanden sein durch das Durchdringen zweier Ströme von Materie, deren Folge das Auftreten zweier Heerstraßen ist, in denen die Eigenbewegungen stattfinden. Hiedurch erklärt er auch die Abhängigkeit der Eigenbewegungen vom Alter der Sterne, deren jüngste und heißeste ihre Bewegungsenergie in Hitze umgesetzt haben durch die häufigen Zusammenstöße, denen sie ausgesetzt sind.

*) Astr. Nachr., Nr. 4657.

**) Naturw. Wochenschr. XII, Nr. 8, Ref. von Dr. J. Riem.

Im Reich der Sonne.

Nach mehrjähriger verhältnismäßiger Ruhe scheint unser Zentralkörper wieder in eine Periode lebhafterer Tätigkeit einzutreten. Das Jahr 1912 zeigte den tiefsten Stand des diesmaligen Fleckenminimums; nach dem für die Fleckenzählung vorhandenen reichen Material betrug der Tagesdurchschnittswert für den von Flecken eingenommenen Raum auf der Sonnenscheibe, ausgedrückt in Millionstel der uns jeweils sichtbaren Halbkugel der Sonne, 37, während die entsprechenden Werte für die voraufgegangenen Jahre 1911 und 1910 nur 64 und 264 waren. Vergleicht man das Minimumjahr 1912 mit den entsprechenden der drei vorhergehenden Sonnenepochen, 1901, 1889, 1878, deren Fleckenzahlen ebenso ausgedrückt die Werte 29, 78 und 22 hatten, so erkennt man, daß das diesmalige Sonnenfleckenminimum nicht ganz so tief liegt, wie das zu zu den Jahren 1901 und 1878 gehörige. (Die Naturwissenschaften, 1913, Heft 52.)

Mit einem Sonnenfleck von ganz gewaltigem Umfang leitet sich die neue Maximumperiode ein. Der Astronom des Santa Clara-College in Kalifornien, P. Jerome Ricard, hat einen Fleck beobachtet, dessen Fläche sich auf etwa 409·9 Millionen englische Quadratmeilen beläuft. Berechnet man die Gesamtoberfläche unseres Planeten, Land und Meer, auf rund 197 Millionen englische Quadratmeilen, so ergibt sich, daß dieser Sonnenfleck groß genug wäre, die Erdkugel zweimal zu umhüllen. Dennoch bedeckt dieser Riesenfleck nur $^1/_{2785}$ der riesengroßen Oberfläche unseres Tagesgestirns.

Eine Möglichkeit, daß der Ursprung der Planeten und ihrer Monde trotz Ablehnung der Vorstellungen von Kant und Laplace in der Sonne zu suchen sei, zeigt Birkeland in einer Abhandlung, welche die Bildung dieser abhängigen Körper auf elektromagnetische Kräfte von einer der Gravitation gleichen Größenordnung zurückführt.*) Danach besitzen Sterne von der Größe unserer Sonne dem Weltall gegenüber eine negative Spannung von 600 Millionen Volt. Rings um einen solchen Stern muß sich ein Magnetfeld bilden, dessen Achse in der Richtung seiner Drehungsachse liegt und in dessen Äquatorebene eine ständige Abschleuderung materieller, elektrisch geladener Teilchen stattfindet. Es läßt sich mathematisch berechnet nachweisen, daß diese Teilchen entweder auf den Zentralkörper zurückfallen oder sein System ganz verlassen oder sich gruppenweise allmählich gewissen Grenzkreisen nähern, wo sie sich für alle Zeit andauernd bewegen können. Doch müssen sie nach Verlust ihrer elektrischen Ladung sich zusammenballen und so die Planeten bilden. Es ist, wie Birkeland experimentell nachweist, auch Abschleuderung positiv geladener Teilchen möglich. Die Teilchen

*) Compt. rend. 1912, 155. Ref. in: Die Naturwissenschaft, 1913. Heft 11.



mit negativer Ladung müssen sich in rückläufiger Bewegung größeren Grenzkreisen nähern als positive Teilchen. Hiedurch wird das nach den älteren Hypothesen unerklärliche Auftreten der Monde mit rückläufiger Bewegung erklärt. Der größte Teil der Materie befindet sich nach Birkelands Theorie nicht zusammengeballt in Sternsystemen, sondern im leeren Raum zwischen ihnen, den wir uns mit fliegenden elektrischen Teilen, Atomen und Molekülen der Elemente, ausgefüllt denken müssen.

Eine Gesetzmäßigkeit der Planetenrotation hat H. Nies*) entdeckt und in folgendem, vorläufig auf Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn und Mond bezüglichen Satze ausgesprochen:

Jeder Körper, der unter der Einwirkung einer Zentralbeschleunigung und einer Eigengeschwindigkeit eine geschlossene Kegelschnittbahn beschreibt, rotiert während seines Laufes mit gleichbleibender Geschwindigkeit um eine Achse, die weder senkrecht auf der Bahnebene stehen noch in ihr liegen kann.

Der Satz kann nicht ohne weiteres auf Himmelskörper mit Parabel- oder Hyperbelbahnen ausgedehnt werden, wennschon seine Gültigkeit auch hier sehr wahrscheinlich ist. Für die Rotation selbst gilt bei den Körpern ohne Ring der folgende Satz:

Die Rotationsgeschwindigkeit eines Äquatorpunktes ist direkt proportional dem Quadrate der größten Projektion seines parallel zur Bahnebene auf die Rotationsachse projizierten Abstandes vom Planetenmittelpunkt, und umgekehrt proportional dem Quadrat der großen Bahnachse und der vierten Potenz der Dichte des rotierenden Körpers.

Beim Saturn ist der äußerste Planetenpunkt als auf dem Ringe gelegen anzusetzen. Mögen auch die einzelnen Ringteilchen ihre durch die Gravitation bedingten Eigenbewegungen haben, so kann doch für die Saturnrotation der ganze Ring als Teil des Saturn in Frage kommen. Bei den Himmelskörpern mit einem Ringe tritt zu dem Satze von der Rotationsgeschwindigkeit noch der Zusatz: und direkt proportional der sechsten Potenz des Verhältnisses: Äquatordurchmesser durch Ringdurchmesser.

Eine antipodale Anordnung kosmischer Erscheinungen an einzelnen Gliedern des Sonnensystems sucht Wilhelm Krebs**) besonders hinsichtlich der Erde, des Mars und der Sonne selbst nachzuweisen, wobei der Ausdruck „antipodal" nicht so zu verstehen ist, als ob die besprochenen Punkte genau auf mathematisch entsprechenden Stellen der Nord- bezw. Südhalbkugel liegen müßten. Es ist Krebs gelungen, für das Jahr 1910 (Februar bis Mai) eine paarweise physische Antipodalität der vier Felder stärkster Sonnentätigkeit nachzuweisen; ferner konnte er den Nachweis erbringen, daß die beiden Maxima der durch Flecken und irdische Begleiterscheinungen angezeigten Sonnentätigkeit des Jahres 1909 (September) physische Antipoden waren, und daß sie mit Hilfe der 26·5tägigen Periode der mittleren synodischen Sonnenrotation verknüpft werden konnten mit gleichfalls maximalen Fleckenerscheinungen in den Jahren 1908, 1898, 1894, 1892, 1891, 1888, 1644, 1626 bis 1625 zurück. Es lassen sich zahlenmäßig zwei, über fast drei Jahrhunderte hin tätige Hauptherde der Sonnentätigkeit nachweisen, und diese sind einander physisch antipodal.

*) Astron. Nachr., Nr. 4657.

**) Astron. Nachr., Nr. 4663.

Zur Erklärung des Marsbildes hat Krebs den Vulkanismus herangezogen und auf die Ähnlichkeit der sogenannten Marskanäle mit durch Beben und Vulkane hervorgerufenen tektonischen Linien hingewiesen. „Die großartigen Einschnitte und Kanäle auf seiner Oberfläche folgen sehr auffallend der Anordnung seismo- und vulkanotektonischer Linien," betonte er schon im Jahre 1908. Von den neuen Entdeckungen in der Opposition des Mars 1911 erscheinen, neben dem zeitweiligen Verschwinden des Südpolarfleckes, als die bedeutendsten das Wiederfinden das zuerst von Antoniadi am 11. Oktober 1909 gesehenen braunen Fleckes durch eben diesen Forscher, das Auffinden einer ähnlichen, aber weißen Stelle über Hesperia und seiner weiteren Nachbarschaft durch mehrere Astronomen im Oktober 1911 und die Beobachtung ihrer Ausbreitung von Isidis Regio und Libya bis Eridania im Nordwesten.

Auffallend an diesen beiden, durch ihre Färbung hervorstechenden Stellen ist ihre sehr entsprechende Lage zu den von Krebs als Vulkangebiete angesehenen Lacus Solis und Moeris. Das braune Feld liegt in der nordwestlichen Nachbarschaft des Lacus Solis, das weiße zum größten Teil nordwestlich des Lacus Moeris. Die Erklärung dieser Verfärbungen liegt bei Annahme der vulkanistischen Hypothese sehr nahe: die färbenden Stoffe sind dann eben vulkanische Aschen, ähnlich verschieden an Farbe wie die weißen leuzitischen Aschen des Vesuv von den braunen, andesitischen Aschen pazifischer Vulkane der Erde. Jene weißen und braunen Stellen des Mars enthüllen sich als Aschenfelder, die die vulkanische Natur der beiden Lacus und zugleich ihre physische Antipodalität, ähnlich wie auf der Erde, in ganz besonderer Weise bezeugen.

Antipodale Lage von Stellen stärkster Umwälzung ist von Krebs bisher also bei Mars, Erde und Sonne nachgewiesen. In allen diesen Fällen handelt es sich, wie gesagt, um physische oder annähernde, nicht um streng mathematische Antipodalität. Man kann dieses Entsprechen der Antipodalerscheinungen wohl als dynamisches bezeichnen, da es sich auf dynamische Vorgänge oder deren vorübergehende Signale bezieht. Ihm tritt zur Seite ein morphologisches, auf die Gestalt bezügliches Entsprechen antipodaler Gebiete, das als Erinnerungszeichen früherer, korrespondierender Umwälzungen betrachtet werden darf.

Das bekannteste Beispiel morphologischer Korrespondenz auf der Erde bieten Italien und Neuseeland mit ihren außerordentlich ähnlichen Landumrissen, die außerdem symmetrisch liegen. Auch bei ihnen handelt es sich um physische, der mathematischen sehr angenäherte Antipodalität. Neuseeland liegt unter der antipodalen Breite Italiens und nur um 21 Längengrade, d. h. um 6 Prozent des vollen Parallelkreises, westlich von der zu Italien mathematisch antipodalen Stelle. Dazu tritt, als besonders scharfer Hinweis auf die vulkanischen Ursachen, die Lage beider Gebiete zu je einem der

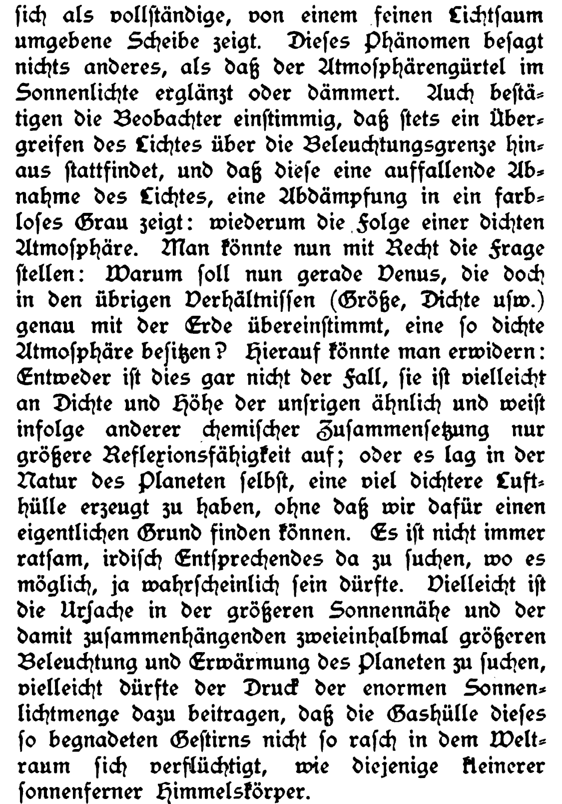
tätigsten untermeerischen Vulkanherde, dem Tonga-meere nördlich von Neuseeland und dem Jonischen Meere südlich von Italien.

Ein ähnlich auffallendes Beispiel morphologi-gischer Korrespondenz bieten auf dem Planeten Mars die von Schiaparelli mit den Namen Edom und Memnonia bezeichneten Gebiete und ihre nächste Nachbarschaft. Das merkwürdige Gesetz physischer Antipodalität katastrophaler Ereignisse läßt sich also auf der Erde, ihrem bestbekannten Nachbarplaneten, dem Mars, und auf der Sonne selbst feststellen. Auf allen drei Weltkörpern ist die bis auf die Gegenwart wirksame Geltung des Gesetzes vor allem an zwei bestimmte Stellen geknüpft, die bei der Erde nahezu mit den Polen ihrer Pendulation zusammenfallen (siehe Jahrb. I, S. 50, III, S. 87). Vor allem aber bei der Sonne sind diese Stellen seit Jahr-hunderten festgelegt. Gerade ihre bloß physische Antipodalität legt den Gedanken nahe, daß sie mit der Entstehung der Sonne in Zusammenhang stehen, eine Möglichkeit, die für die Annahme der Ent-stehung der Sonne aus einem Spiralnebel ins Ge-wicht fiele.

Wenden wir uns nun den einzelnen Planeten zu, unter denen wir galanterweise der Venus den Vortritt lassen. In einer englischen Wochenschrift hat kürzlich Dr. Macharg Anschauungen über die auf unserem Nachbarplaneten herrschenden physi-kalischen Verhältnisse entwickelt, die von den allge-mein herrschenden Ansichten stark abweichen. Wäh-rend gewöhnlich angenommen wird, daß Venus von einer sehr dichten Atmosphäre umgeben sei, leugnet er die Existenz von Wolken und Wasser auf ihr gänzlich und erklärt ihre Oberfläche für eine voll-kommene Wüste. Eine Lufthülle müßte nach ihm doch bei Auf- und Untergang der Sonne eine röt-liche Dämmerungsfärbung zeigen. Venus aber be-halte stets denselben weißen Glanz, der beim Zwie-licht nur in ein fahles Grau abgedämpft werde.

Diese Anschauungen geben Dr. C. Schoy*) Veranlassung zu einer kritischen Übersicht der bisher über den Planeten geäußerten Ansichten. Obwohl Venus von jeher Gegenstand eines ebenso eifrigen Studiums wie Mars gewesen ist, ist unser Wissen über ihre Oberflächenbeschaffenheit und die Zeit-dauer ihrer Achsendrehung so gering wie unsicher. Es ist bis jetzt noch nie gelungen, deutliche Gebilde von längerer Dauer auf der Venusscheibe zu er-kennen. Daraus muß man schließen, daß ihre Ober-fläche entweder überall dieselbe einförmige Beschaf-fenheit hat, oder daß wir infolge einer dichten Atmosphäre überhaupt nie den festen Kern zu er-blicken vermögen. Für diese letztere Annahme spricht entschieden der blendend weiße Glanz des Planeten; will man seiner Oberfläche nicht die Eigenschaften einer spiegelnden Kugel beilegen, die das Sonnen-licht zum größten Teil zurückwirft, so kann man nur eine sehr dichte Atmosphäre als Ursache des intensiven Glanzes annehmen. Dafür sprechen auch noch andere Wahrnehmungen.

Auch wenn Venus gleich dem Mond als schmale Sichel erscheint, kann man leicht beobachten, daß der der Sonne fernere Rand erleuchtet ist, so daß sie



sich als vollständige, von einem feinen Lichtsaum umgebene Scheibe zeigt. Dieses Phänomen besagt nichts anderes, als daß der Atmosphärengürtel im Sonnenlichte erglänzt oder dämmert. Auch bestä-tigen die Beobachter einstimmig, daß stets ein Über-greifen des Lichtes über die Beleuchtungsgrenze hin-aus stattfindet, und daß diese eine auffallende Ab-nahme des Lichtes, eine Abdämpfung in ein farb-loses Grau zeigt: wiederum die Folge einer dichten Atmosphäre. Man könnte nun mit Recht die Frage stellen: Warum soll nun gerade Venus, die doch in den übrigen Verhältnissen (Größe, Dichte usw.) genau mit der Erde übereinstimmt, eine so dichte Atmosphäre besitzen? Hierauf könnte man erwidern: Entweder ist dies gar nicht der Fall, sie ist vielleicht an Dichte und Höhe der unsrigen ähnlich und weist infolge anderer chemischer Zusammensetzung nur größere Reflexionsfähigkeit auf; oder es lag in der Natur des Planeten selbst, eine viel dichtere Luft-hülle erzeugt zu haben, ohne daß wir dafür einen eigentlichen Grund finden können. Es ist nicht immer ratsam, irdisch Entsprechendes da zu suchen, wo es möglich, ja wahrscheinlich sein dürfte. Vielleicht ist die Ursache in der größeren Sonnennähe und der damit zusammenhängenden zweieinhalbmal größeren Beleuchtung und Erwärmung des Planeten zu suchen, vielleicht dürfte der Druck der enormen Sonnen-lichtmenge dazu beitragen, daß die Gashülle dieses so begnadeten Gestirns nicht so rasch in dem Welt-raum sich verflüchtigt, wie diejenige kleinerer sonnenferner Himmelskörper.

Mangels aller Gebilde von einiger Beständig-keit auf der Venusoberfläche hat sich die Frage nach ihrer Rotation und der Lage ihrer Polarachse noch nicht entscheiden lassen, trotz ihrer mehr als 200jährigen Geschichte. Während die meisten Be-obachter die Venus ungefähr in 24 Stunden rotieren lassen, sprach Schiaparelli die Ansicht aus, Venus kehre gleich Merkur der Sonne stets dieselbe Seite zu, verhalte sich also gegen diese genau so, wie der Mond gegen die Erde. Dann fällt die Rotationszeit eines solchen Körpers bekanntlich mit der Dauer seiner Umlaufszeit um den Zentralkörper zusammen. Diese Annahme hat Prof. Küster mit-tels eines geistreichen Versuches zu widerlegen ver-sucht, zu dessen Verständnis folgendes vorauszu-schicken ist. Sein Experiment soll dartun, daß Wasser und Luft auf dem Monde sehr wohl vorhanden sein können, dann aber infolge der Temperaturverhält-nisse als kristallisierte Massen von so kleinem Dampf-druck, daß sie eine Atmosphäre von bemerkbarer Dichte nicht bilden können. Um dies zu verstehen, ist der Einfluß der sogenannten kalten Rückseite des Mondes in Betracht zu ziehen. Da der Mond erst in etwa 28 Tagen einen vollen Umlauf gemacht und dann erst der Sonne alle Teile seiner Oberfläche zugekehrt hat, so liegt jeder Punkt derselben 14 Tage im Schatten, und da die Temperatur der bestrahlten Fläche nur etwa 50 Grad Celsius beträgt und bei Mondfinsternissen schon nach 50 Minuten Beschat-tung auf 1 Prozent ihres ursprünglichen Betrages zurückgegangen ist, so müßte während der etwa 400mal so langen Mondnacht die Temperatur der dunklen Seite praktisch auf jene des absoluten Null-punktes, also auf —273 Grad Celsius heruntersinken.

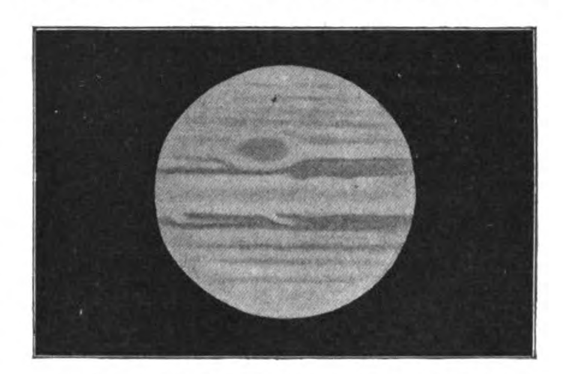
*) Naturw. Wochenschr. Bd. XII (1913), Nr. 11.

Folgendes Experiment soll nun die Wirkungsweise dieser kalten Nachtseite des Mondes veranschaulichen: Es werde etwas Wasser in eine lange, luftleer gepumpte, beliebig gebogene Glasröhre eingeschmolzen und diese nun so aufgestellt, daß sich das Wasser an einem Ende ansammelt. Bringt man nun das andere Ende in eine stark wirkende Kältemischung, so beschlägt sich sofort die Innenseite des abgekühlten Teiles der Röhre mit Eis, während das Wasser im abgewandten Schenkel ins Sieden gerät und, der Umgebung weiterhin Wärme entziehend, vollständig verdampft. Schließlich findet sich alles Wasser als Eis in dem gekühlten Teile der Röhre vor, während in dem anderen freien Ende bei genügend starker Kühlung keine Spur von Wasserdampf mehr nachweisbar ist. Genau dasselbe zeigt der Versuch, wenn in das Rohr nur Luft von Atmosphärendruck eingeschmolzen wird, die Röhre also anfangs scheinbar leer ist. Bei sehr starker Abkühlung des einen Röhrenendes verdichtet sich die Luft in diesem Röhrenende so vollständig, daß in der übrigen Röhre ein nachweisbarer Luftdruck nicht mehr übrig bleibt.

Auf den Mond angewandt, würde nun offenbar dem abgekühlten Röhrenteile die kalte Rückseite, dem anderen Röhrenende die sonnenbestrahlte Vorderseite des Mondes entsprechen. Fände sich nun auf der beschienenen Mondseite Wasser in irgend einer Gestalt, oder Luft, so würde sofort die Abscheidung auf der Rückseite beginnen, und zwar als Eis- oder Kristallmasse von so kleinem Dampfdruck, daß auch nicht der Hauch einer Wolkenbildung zurückbleiben könnte. Wenn nun auch von dieser Eisschicht als Saum auf dem Monde nichts sichtbar ist, so dürfte das doch bei der Geringfügigkeit der etwaigen Eisschicht und bei der Tiefe der sogenannten Rillen auf dem Monde erklärlich sein.

Mittels der Überlegungen, die sich an jenes Experiment knüpfen, dürfte es also auch möglich sein, zu entscheiden, ob ein Planet oder Trabant, über dessen Rotationsverhältnisse wir ganz im unklaren sind, wirklich noch einen selbständigen Achsenumschwung vollführt oder seinem Zentralkörper stets dieselbe Seite zukehrt, vorausgesetzt, daß er noch eine merkliche Atmosphäre besitzt. Wenn nun nach Schiaparelli Venus der Sonne immer dieselbe Seite zuwendet, so wäre die abgewandte Rückseite des Planeten wohl schon ungemessene Zeiträume in Nacht und Finsternis gehüllt, und die Temperatur dieser Hälfte wäre wohl diejenige des Weltraumes, also sicherlich eine sehr niedrige. Hätte Venus nun beim Eintritt ihres ewigen Stillstandes noch Luft und Wasser besessen, so wäre beides unerbittlich demselben Schicksal anheimgefallen wie auf dem Monde, die beleuchtete Seite würde sich längst in eine wasser- und luftleere Wüste verwandelt haben, deren Glanz wohl kaum so groß, wie er wirklich ist, sein könnte. Niemals könnte sich dann das schöne Gestirn im Schmucke jenes Lichtsaumes zeigen, der doch beweist, daß es rings von einem Luftmeer umflutet wird. Darf man also von dem oben geschilderten Experiment auf Weltkörper schließen, so müssen wir mit Notwendigkeit folgern, daß der Planet Venus noch selbständig rotiert, und zwar in einer Zeit, die nicht hinreicht, daß die in Schatten getauchte Seite sich auf enorme Kältegrade abkühlen kann.

Mars, der jahrzehntelang das allgemeine Interesse durch seine „Kanäle" und die sich daran knüpfenden Betrachtungen über mutmaßliche Bewohner und deren Kultur zu fesseln wußte, steht in Gefahr, seinen Ruhm einzubüßen, „entlarvt" zu werden. Denn es scheint in der Tat nur eine Larve gewesen zu sein, was uns da unter dem Bilde der Kanäle gezeigt wurde. Neue Untersuchungen von Antoniadi, die auf Messungen in ganz großen Fernrohren beruhen, bestätigen die Ansicht der Astronomen, die in den scheinbar geraden Kanälen auf dem Mars nur Gesichtstäuschungen vermuteten, darauf beruhend, daß das Auge unregelmäßige Flecke aneinanderreihte und zu Linien verband. So



Jupiter, Anblick im Fernrohr bei sehr starker Vergrößerung.*)

wurde auch der berühmte Marsforscher Schiaparelli durch sein Fernrohr, das nur mittlerer Größe war, getäuscht. Messungen an den amerikanischen Riesenteleskopen bestätigen die Ergebnisse Antoniadis, so daß es keinem Zweifel mehr unterliegen kann, daß die vielumstrittenen Marskanäle wirklich nur auf unregelmäßig geformte Gebilde, vielleicht von Festlandcharakter, auf jenem unserer Erde sonst in so mancher Hinsicht ähnlichen Planeten zurückzuführen sind.

Diese Ähnlichkeit tritt auch in der Stellung der Marsachse zur Bahnebene des Planeten zu Tage. Durch systematische langjährige Messungen an den Polarzonen auf dem Mars haben die amerikanischen Astronomen Lowell und Slipher festgestellt, daß der Neigungswinkel der Marsachse zur Marsbahn wahrscheinlich 23 Grad 5 Minuten beträgt, also fast genau der für die Erde geltenden „Schiefe der Ekliptik" (gegenwärtig etwa $23^1/_2$ Grad) gleicht. Daraus folgt, daß auf dem Planeten Mars die Verteilung der Klimazonen und der Wechsel der Jahreszeiten fast genau so wie bei uns verlaufen muß; nur dauern die Marsjahreszeiten fast noch einmal so lange wie die unsrigen, da die Umlaufszeit des Mars um die Sonne entsprechend länger ist als diejenige unserer Erde, nämlich fast 687 Tage. (Die Naturwissenschaften, Jahrgang 1913, Heft 24 und 27.)

Große Veränderungen scheinen sich nach den Beobachtungen der Astronomen Fauth und Krit-

*) Nach Keeler im Sternbüchlein für das Jahr 1912. Franckhsche Verlagsbuchhandlung in Stuttgart.



zinger auf der Oberfläche des Jupiter vorzubereiten. Die ganze nördliche Halbkugel des Planeten teilt sich in deutliche, anfangs noch etwas blasse Streifen, zwischen denen dunkle Fleckengebilde auftreten. Auch der berühmte rote Fleck zeigt merkwürdige Bewegungen, die sich allmählich zu beschleunigen scheinen. (Astron. Nachr., Nr. 4661.) Eine zusammenfassende Darstellung seines Studiums der Jupiteroberfläche gibt Astronom Lau. Demnach befindet sich der Planet der Hauptsache nach in gasförmigem Zustand und haben seine äußeren Schichten sehr geringe Dichte. Die tieferen mögen sich wegen der Druck- und Temperaturverhältnisse in einem anscheinend zähflüssigen Zustand befinden. In einer bestimmten Tiefe verdichten sich die Gase zu einer hellgelben, stark reflektierenden Wolkenschicht. Die sehr schnelle Rotation des Jupiter (zehn Stunden) scheint aus der Vorzeit des Planeten herzurühren, indem herabstürzende abgekühlte Massen den oberen Schichten diese Geschwindigkeit gegeben haben. Das Innere rotiert jedenfalls langsamer, woraus sich die Bewegung des roten Fleckes erklären läßt. Die Äquatorzone läuft gleich einem Strom zwischen gasförmigen Ufern, an deren Grenzen die Geschwindigkeit schnell abnimmt, so daß hier, wie die Fleckengürtel zeigen, die größten Störungen des Gleichgewichtes auftreten. In den Fleckenzonen brechen häufig rote und schwarze Staubmassen durch die Wolkendecke hervor und bleiben ihrer geringen Geschwindigkeit wegen in den oberen Schichten der Atmosphäre nach Osten zurück. Lage und Struktur der beiden Äquatorstreifen erscheinen als einfache Folge der schnellen Umdrehung des Planeten. Bei den Ausbrüchen vermischen sich Gasschichten sehr verschiedener Dichte und Temperatur, wodurch an der Grenze wellenähnliche Strömungen entstehen, die kettenförmig angeordnet sind und uns als die Perlenschnüre und Zentrallinien erscheinen. Bei den gewaltigen Umwälzungen in der Lufthülle müssen Wirbel entstehen, Zyklone, bei denen Staubmassen, die in diesen Kreislauf geraten, in den höheren Schichten vom Störungszentrum weggeführt, in den tieferen gegen dasselbe angesaugt werden. Der rote Fleck ist jedenfalls nicht mehr als eine Art Lavasee aufzufassen, sondern als ein See von sehr heißen Gasmassen, dessen Ufer aus kondensierten oder zähflüssigen Gasen besteht, da sonst die Schwankungen seiner Rotation nicht zu erklären wären; jedenfalls gehört er den tieferen Schichten an. Die den roten Fleck umgebende sogenannte Bai entsteht durch die Strömungen in den höheren Schichten über dem roten Fleck, die das Streifenmaterial zurücktreiben. Die Anziehung, die der rote Fleck auf den Schleier auszuüben scheint, entsteht durch die Gasmassen, die von allen Seiten in den tieferen Schichten gegen den roten Fleck zu strömen. Die Störungen der Bai werden durch die Bewegung der Wolkenmassen, welche den roten Fleck überlagern, hervorgerufen.

Zu den äußersten Grenzen unseres Sonnensystems hinausstrebend, hat man auf dem Observatorium zu Greenwich jetzt photographische Aufnehmen des Neptun und seines einzigen, 1847 von Lassell entdeckten Mondes, der nur die 14. Helligkeitsstufe zeigt, erhalten und ausgemessen. Danach ergeben sich für die Bahn des um rund 15 Neptunshalbmesser vom Planeten selbst entfernten Trabanten folgende Bestimmungsstücke: Neigung $16^1/_2$ Grad, große Achse $16^1/_4$ Bogensekunden und Länge des aufsteigenden Knotens seiner Bahn 189 Grad. Nach photometrischen Messungen von Pickering kann der Durchmesser des Neptuntrabanten auf 3600 Kilometer (beinahe soviel wie der größere Jupitertrabant) geschätzt werden. Der Planet Neptun selbst, der uns bei seiner großen Entfernung von der Sonne (fast 4500 Millionen Kilometer oder 30 Erdbahnradien) nur als Scheibchen von kaum $2^1/_2$ Bogensekunden im Durchmesser oder wie ein Sternchen 8. Größe erscheint, hat einen wirklichen Durchmesser von 56.000 Kilometern. (Die Naturwissenschaften, 1913, Heft 18.)

Die schwierige Frage nach dem Vorhandensein eines transneptunischen Planeten, also eines jenseit der Neptunbahn gelegenen Sonnentrabanten, hat man neuerdings wieder auf zwiefache Weise zu lösen versucht. Einmal hat man, da die Neptunsstörungen nicht gut genug bekannt sind, das Dasein eines solchen Weltkörpers aus dem Studium der Störungen des Uranus zu ermitteln gesucht. Auf Grund dieser haben Pickering und Caillot zwar beide gefunden, daß ein etwaiger störender Planet etwa 52 Einheiten Abstand von der Sonne haben müßte (unter einer Einheit ist die Entfernung von der Erde zur Sonne zu verstehen). Aber Pickering schätzt diesen störenden Körper für doppelt, Caillot für fünfmal so groß wie die Erde, was vielleicht auf einen noch weiter entfernten Körper schließen ließe. Eine andere Methode der Berechnung gründet sich auf die Kometenbahnen. Aber auch sie hat noch zu keinem sicheren Ergebnis geführt, so daß die Frage nach dem transneptunischen Planeten noch immer ungelöst bleibt. (Naturw. Wochenschr., Bd. XII, Nr. 36.)

Die Ungleichheiten in der Bewegung des Erdmondes macht K. Krziwanek zum Gegenstand einer analytischen Darstellung.*) Auch hier begegnen wir, wie neuerdings mehrfach in der astronomischen und physikalischen Literatur, dem Hinweis auf den Skeptizismus, der dem Gravitationsgesetz von verschiedenen und darunter höchst beachtenswerten Seiten fortgesetzt entgegengebracht wird. Krziwanek weist nach, daß in den Ungleichheiten der Mondbewegung, die durch wiederholte astronomische Messungen sehr genau ermittelt sind, also in der Nutationsbewegung und allen Druckfortpflanzungen, Gesetzmäßigkeit liege, ebenso in der Evektion, Variation und in der jährlichen und parallaktischen Gleichung. Es ist offenbar widersinnig, ganz gesetzmäßig verlaufende Pänomene als Störungen zu bezeichnen, weil Keplers praktisches Verfahren diesen ganz natürlichen und gesetzmäßigen Erscheinungen nicht Rechnung zu tragen vermag.

Die Astronomie steht in ihren Keplerschen Theorien bekanntlich auf dem Standpunkt, daß Sonne und Erde für die elliptische Bewegung (der Erde bezw. des Mondes) gleichsam fixe Brennpunkte dar-

*) Analytische Darstellung der Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes. Wien, Teschen, Leipzig, Verlag von K. Prochaska, 1913.



stellen, und ferner, daß diese Bewegungen sich nur in einer Schwingungsebene fixer Lage abspielen, obwohl sie selbst von den Schwankungen in der Schiefe der Ekliptik und in der Schiefe der Mondbahnebene während eines Umlaufes und obendrein von den physischen Librationen des Mondes in Länge und Breite weiß. Daß die Bahn des Mondes um die Erde gleichsam eine spiralförmig auf- und niedersteigende Bewegung in nicht geschlossener Bahn darstellt, ist allgemein bekannt. Dasselbe gilt aber auch hinsichtlich der Bahn der Erde um die Sonne, nur in weit geringerem Maße, wie ja alle Bewegungsphänomene der Erde von weit geringerem parallaktischen Einfluß sind, als jene des der Erde so nahen Mondes. Dieser Umstand bietet aber keinen triftigen Grund, die gemessenen Abweichungen *nur auf den* launenhaften, nämlich astronomisch launenhaften *Mond zu schieben*. Bei dem sehr beachtenswerten Massenverhältnis der Erde und des Mondes müssen die Bewegungsschwankungen der Erdmasse solche der Mondmasse und umgekehrt zur Folge haben, wenn der Raum vom Lichtäther erfüllt ist und in ihm alle Bewegungsdrucke gesetzmäßig von Masse zu Masse fortgepflanzt werden.

Größere *Meteorsteinfälle* sind neuerdings mehrfach zur Beobachtung gekommen und beschrieben. Der gewaltige Steinregen, der sich am 19. Juli 1912 bei *Holbrook* im Staate Arizona (Vereinigte Staaten) ereignete, ist bisher der bedeutendste unseres Jahrhunderts. Über ihn berichtet Prof. Dr. L. *Häpke* auf Grund des ausführlichen Berichtes, den *Warren Foote*, ein hervorragender Kenner von Meteoriten, auf Grund seiner Nachforschungen über den Fall gesammelt hat.*)

An besagtem Datum, einem Freitag, vernahm man in Holbrook gegen $6^{1}/_{2}$ Uhr nachmittags von fernher ein donnerartiges, mit heftigen Explosionen untermischtes Rollen, das über die Stadt hin nach dem nordöstlich von ihr gelegenen Orte Aztec zu rasen schien. Je nach dem Standpunkte des Beobachters 30—60 Sekunden dauernd wurde das gewaltige Getöse noch in Orten der Umgebung bis zu 40 englische Meilen Entfernung gehört. Ein Herr K. v. *Aachen* und sein Sohn sahen in der Umgegend von Aztec viele Steine niederfallen, ihr Einschlagen auf den trockenen Boden erzeugte Staubwirbel. Mehrere Steine fielen bei den Häusern nieder, andere prasselten zu Tausenden wie Tropfen eines feurigen Regens herab, so überhitzt und glühend, daß man sie nicht anfassen konnte. Ein größerer Stein schlug den starken Ast eines Baumes glatt ab. Der Meteoritenschwarm hinterließ in der Luft einen rauchartigen Schweif, der sich allmählich ausbreitete und erst nach und nach verlor.

Weit über hundert Personen haben sich etwa zwei Monate lang mit dem Sammeln der Steine bemüht, die auf einer ellipsenähnlichen Fläche von West nach Ost nahezu auf 3 engl. Meilen Länge und $^{1}/_{2}$ Meile Breite ausgestreut waren. Die kleinen Stücke lagen ziemlich lose am Boden, während größere 20—30 Zentimeter tief eingedrungen waren. Mehr als 14.000 Steine im Gesamtgewicht von 218·31 Kilogramm wurden gesammelt. Von den 29 größeren wog der schwerste 6·665 Kilogramm, der kleinste 1·02 Kilogramm. Etwa 6000, je zwischen 1 und 1000 Gramm schwere Stücke hatten zusammen ein Gewicht von 136 Kilogramm. Von etwa 8000 Steinen wog jeder weniger als 1 Gramm. Diese sämtlichen Meteoriten erwarb *Foote*, während in den Händen verschiedener Sammler nur etwa 10 Kilogramm Material blieben. Auffällig ist die geringe, aber gleichmäßige Größe dieser Steine, die scherzweise „Holbrook-Erbsen" genannt wurden. Die Hauptmasse fiel bei Aztec nieder.

Die Untersuchung der Steine ergab, daß sie sämtlich zu den sogenannten Aerolithen gehören. Diese aus dem überkalten Weltraum kommenden Massen treten mit planetarischer Geschwindigkeit von 40 bis 50 Kilometern in der Sekunde in unsere Atmosphäre ein. Die stark zusammengepreßte Luft wird dabei durch Reibung zu einer den Schmelzpunkt des Materials erreichenden Temperatur erhitzt. Infolgedessen überzieht sich der Körper auf der „Brustseite" mit schwarzem, glasigem Schmelz, während die Rückseite einen starken Schmelzwulst erhält. Die Explosionen der im Meteor mitgeführten Gase verändern die Rinde noch weiter, sie zeigt dann besonders an der Brustseite größerer Stücke eine gescheckte und rissige Oberfläche.



Brustseite des größten Meteorsteines von Holbrook mit tiefen Eindrücken.*)

Das Muttergestein unserer „Weltspäne" besteht aus Tonerdesilikaten mit eingesprengten, meist unvollständigen Kristallen von Olivin, Quarz, Diallag und ähnlichen Mineralien. Andere Einschlüsse sind eisenhaltig und meist körnig oder knotig wie Troilit, Chromit, Schreibersit usw. Das Silikatmaterial machte nach der chemischen Analyse durchschnittlich 96·3 Prozent aus, dagegen waren an Eisenverbindungen nur 3·7 Prozent vorhanden. Das spezifische Gewicht der Steine betrug 3·22.

Über die Herkunft dieses Schwarmes bemerkt Prof. *Doolittle*, der Direktor der Pennsylvanischen Sternwarte, daß bekanntlich zwischen Sternschnuppen, Kometen und Meteoriten sehr enge Beziehungen bestehen. Der Sternschnuppenfall der Perseiden, so genannt, weil sein Hauptausstrahlungspunkt am Himmel im Sternbilde des Perseus zu liegen scheint, tritt alljährlich von Mitte Juli bis zum 22. August auf und erreicht seine größte Stärke

*) Himmel und Erde, 25. Jahrg. (1913), Heft 10.

*) Aus: Himmel und Erde, 1913. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig.



zwischen dem 10. und 13. August. Nach der Stellung der Erde am Nachmittag des 19. Juli strahlten die Meteore vom Rande des Perseus aus, da wo dies Sternbild an die Cassiopeja grenzt. Vielleicht hat auch eine Störung durch andere Himmelskörper oder einer Kollision dies unerwartet frühe Erscheinen herbeigeführt. Vielleicht ist der Schwarm ein Begleiter oder ein Teil des Schweifes von Tuttles Komet gewesen. Jedenfalls bestätigen die kleinen „Holbrook-Erbsen" die Annahme, daß die kosmischen Massen der Sternschnuppen auf dem Wege durch unsere Atmosphäre zersprengt oder gar völlig oxydiert, zerstäubt werden.

Zu dem entgegengesetzten Typus der Meteoriten, zu den Meteoreisen, gehört der Stein, der am 7. April 1904, morgens 6½ Uhr, bei dem Dorfe Okano in der Nähe der Stadt Sasayama in Japan fiel. Ein Bauer sah vom nördlichen Himmel mit wunderbarem Geräusch eine weißliche Masse kommen, die in einen nicht weit entfernten Wald fiel. Er suchte sofort nach der Fallstelle und fand so einen Eisenblock, der mit der langen Spitze nach oben etwa 80 Zentimeter tief in den Lehmboden eingedrungen war. Das Loch war teilweise von schwarzen Metalloxyden umgeben. Der Fall war auch von einem japanischen Lehrer, der sich 30 Kilometer nördlich vom Fundorte befand, beobachtet worden. Er sah am nordwestlichen Horizont, fast 70 Grad hoch, plötzlich eine weißglühende Masse erscheinen. Sie hatte einen Schwanz, von dem Geschmolzenes niedertropfte. Die Erscheinung war nach 1—2 Sekunden am südöstlichen Himmel verschwunden, während ihr Weg noch etwa 8 Minuten als weißer Rauch kenntlich blieb.

Die meteorische Herkunft dieses Okanoeisens kann also nicht zweifelhaft sein. Das Meteor ist in den Besitz der Kaiserlichen Universität zu Kyoto übergegangen und dort eingehend untersucht worden.*) Das ursprüngliche Gewicht des Eisens betrug 4·742 Kilogramm; es ist stark magnetisch, hat eine unregelmäßige Birnenform und ein spezifisches Gewicht von 7·98 (reines Eisen = 7·88). Die chemische Untersuchung ergab, daß es zu fast 95 Prozent aus Eisen und zu 4·44 Prozent aus Nickel bestand, außerdem sehr wenig Kobalt und Phosphor sowie eine Spur Kupfer enthielt. Dies entspricht einer mineralogischen Zusammensetzung aus 98·52 Prozent Nickeleisen und 1·48 Prozent Phosphor-Nickeleisen. Demnach ist dieses Eisenmeteor ungewöhnlich arm an Nickel, weshalb auch beim Ätzen die Widmannstättenschen Figuren nicht auftraten. Es hat jedoch eine völlig andere, viel verwickeltere Zusammensetzung als ein Kunstprodukt gleicher Art. Beim Erhitzen des Okanoeisens auf etwa 1300 Grad tritt eine äußerlich nicht erkennbare Änderung seines inneren Baues ein; die ursprüngliche Grundmasse nimmt ein körniges Gefüge an und die Phosphor-Nickeleisen-(Rhabdit-)Kristalle sind verschwunden, wahrscheinlich infolge Diffusion in die Grundmasse während der Erhitzung. Es ist bisher nicht geglückt, diese leichtveränderliche (instabile) Struktur des Okanoeisens künstlich herzustellen; sollte das gelingen, so dürfte man hoffen, aus diesen Versuchen neuen Aufschluß über die Bildungsverhältnisse der Eisenmeteore zu erhalten.

*) Zeitschr. f. anorganische Chemie, Bd. 77, 1912, S. 197. Referat in „Die Naturwissenschaften", I. Jahrg., 1913, Heft 7.

Von einem ungewöhnlich prächtigen Meteor aus Bayern geben Zeitungsberichte vom Ende des April 1913 Kunde. Es wurde abends kurz vor 9 Uhr von Hof ab durch die ganze Oberpfalz und den Bayrischen Wald beobachtet. Dieser Meteorit ist in Ober- und Niederbayern, und zwar zum Teil bei Neuhaus am Inn-Schärding, zum größten Teil aber in der Nähe von Rout, Gemeinde Kirchhain am Inn, unweit Rottalmünster, unter prächtiger violetter und gelber Feuererscheinung gelandet. Die Landung bei Rout erfolgte in sechs Stücken, in Größe bis zu 2 Kilogramm. Alle sechs Stücke, die sich zum Teil bis 10 Zentimeter tief in den Erdboden eingruben, wurden im Umkreis von 300 Metern aufgefunden. Das Material ist schwarz verbrannter Stein, ähnlich der Nagelfluh, jedoch von sehr feinem Korn. Das eine Stück war hart neben einem auf dem Heimweg begriffenen Schmiedegesellen zur Erde gefahren.

Zwei sehr helle Meteore sind am 14. Juni 1913 in England beobachtet und von dem berühmten Meteorforscher Denning näher beschrieben worden.*) Beide Feuerkugeln waren wesentlich heller als der Mond. Die eine erschien noch bei Tageslicht kurz nach 8 Uhr abends, die andere zwei Stunden später. Beide Erscheinungen sah man von der englischen Küste aus über der See und hörte auch deutlich, daß bei ihrem Verschwinden nach einem Fluge von mehreren Minuten Dauer eine heftige Detonation erfolgte, vergleichbar einem donnerähnlichen Geräusch. Aus zahlreichen Beobachtungen hat Denning folgende Daten mit Sicherheit ableiten können: für das erste Meteor eine Höhe von 150 Kilometern beim Aufleuchten und 60 Kilometern beim Verschwinden, eine Bahnlänge von 120 Kilometern mit einer Geschwindigkeit von 40 Kilometern in der Sekunde; beim zweiten Meteor eine Höhe von 110 Kilometern für Aufleuchten und Verschwinden, eine Bahnlänge von fast 1000 Kilometern und eine Geschwindigkeit von 50 Kilometern. Die Bahn dieses Meteors verlief fast genau horizontal, so daß es nach Denning möglich wäre, daß ein derartiger großer Meteorkörper, ohne ganz in der Luft zu verbrennen, aus der Erdatmosphäre wieder in den Weltraum austreten kann.

*) Nature, 26. Juni 1913; Ref. „Naturwissenschaft", 1913, Nr. 31.

Das Antlitz der Erde.

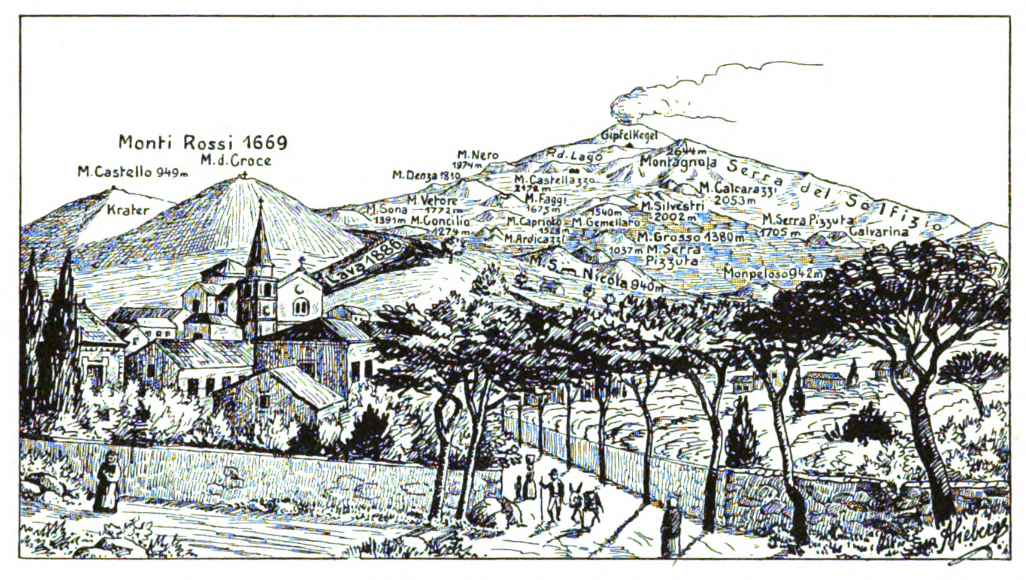
(Geologie und Geophysik.)

Vulkanismus und Erdbeben * Bewegungen in der Erdrinde * Die geologischen Zeiträume * Größe und Gestalt der Erde.

Vulkanismus und Erdbeben.

Ein gewaltiger Vulkanausbruch im fernen Osten belehrt uns, daß die unterirdischen Feuerherde noch weit davon sind, völlig erloschen zu sein. Im innersten Winkel des Kagoshimagolfs, des südlichsten Meerbusens auf der japanischen Südinsel Kiushiu, liegt der Inselvulkan Sakurashima, der seit 1780 geruht haben soll. Nach mehrtägigem Erdbeben erfolgte hier am 10. Januar 1914 eine Eruption, der in den nächsten Tagen je 60—70 weitere folgten. Riesige Felsblöcke wurden 900 Meter hoch und 30 Kilometer weit geschleudert, Ströme von Lava ergossen sich über die Dörfer der Insel, deren Bewohner sich in wilder Flucht auf das Festland retteten. Mehrere hundert sollen dem verheerenden Element zum Opfer gefallen sein. Die Insel stand alsbald in hellen Flammen, die sich auch nach dem Festland hinüber verbreiteten, hier Wälder in Brand setzten und schließlich Kagoshima, eine Stadt von 70.000 Einwohnern am westlichen Ufer des Golfs, ergriffen und bis zum Abend des 10. völlig zerstört haben sollen, was bei der Bauart der japanischen Städte eben kein Wunder wäre.

Dieses Ereignis lenkt unseren Blick auf den Ätna, der mit seiner Höhe von 3274 Metern und einem Durchmesser von 45 Kilometern nicht nur unter den tätigen Feuerbergen Europas die erste Stelle einnimmt, sondern nur hinter wenigen Vulkanriesen der ganzen Welt an Größe zurückbleibt. Ihm, der in der jüngsten Zeit noch wieder durch mehrere Ausbrüche jugendliche Rüstigkeit bewiesen hat, widmet der Straßburger Erdbebenforscher August Sieberg*) eine umfassende Studie, die reich an interessanten Aufschlüssen über den Berg und den Vulkanismus im allgemeinen ist.



Die Südflanke des Ätna, von Nicolosi aus gesehen.

In früheren Jahrhunderten, wo die Ausbruchsstellen verhältnismäßig tief auf den Flanken des Ätna lagen, sind die Ausbrüche dieses Vulkans sehr folgenschwer gewesen. Sollen ihnen doch im Jahre 1669 nicht weniger als 20.000 Menschen, 1693 sogar 60.000 zum Opfer gefallen sein. Die neueren Eruptionen aber, von denen seit 1908 schon drei größere stattfanden, zogen die allgemeine Aufmerksamkeit in weit geringerem Maße auf sich als etwa der Vesuvausbruch vom April 1906, obgleich sie erheblich mehr Material herausbeförderten als dieser, dessen Lavamassen und Auswurfsprodukte bei der Kleinheit des Berggebietes sogleich das bebaute Gelände und seine Bewohner in Mitleidenschaft ziehen. Bei dem gewaltigen Ätna dagegen spielen sich die Ausbruchsvorgänge schon seit lange in den höheren, teils öden, teils bewaldeten Gegenden ab, wo selbst riesige Lavamassen nur geringen Schaden anrichten können und die Ausbruchswolken ihre gröberen Ausbruchsprodukte (Bomben, Lapilli) schon fallen gelassen haben, bevor sie die recht weit entfernten größeren Ortschaften erreichen.

*) Naturwiss. Wochenschr., Bd. XII (1913), Nr. 32—34.



Von Nicolosi, einem freundlichen Örtchen, das man von Catania in etwa zweieinhalbstündiger Wagenfahrt erreicht, erhält man, in rund 700 Metern Seehöhe stehend, an einem klaren Sommertage einen schönen Überblick über das Vulkangebiet. Hinter der Domkirche zeigen sich die mehr als 200 Meter hohen zweigipfeligen Flankenkegel der Monti Rossi mit dem weiten, tief einschneidenden Kraterkessel. Geboren ward dieser Kegel bei der furchtbarsten unter den geschichtlich bekannten Eruptionen des Ätna, bei dem Ausbruch des Jahres 1669. Der Lavastrom, der am 11. März dieses Jahres den Monti Rossi entfloß, begrub Nicolosi und einige andere Ortschaften, überwältigte im Juni die Bastionen von Catania, zerstörte Häuser, Kirchen und Paläste und stürzte sich zuletzt ins Meer, das bei seiner Berührung zu sieden und zu dampfen begann. Der rechts um die Monti Rossi herumfließende frische und deshalb noch schwarze Lavastrom entquoll 1886 dem damals neugebildeten Monte Gemellaro und kam erst 300 Meter vor den letzten Häusern Nicolosis zum Stillstand.

Weiter nach rechts sieht man den begrünten Monte San Nicola mit dem gleichnamigen Kloster sowie den Monpeloso sich anschließen. Höher auf der Bergflanke liegen den Monti Rossi zunächst in fünfteiliger Gruppe der Monte Sona, M. Capriolo, M. Faggi, M. Vetore und M. Nero Etneo, sodann über dem Kloster die Reihe des Monte Gemellaro, M. Nero und Monti Silvestri, sowie schließlich die Monti Calcarazzi und der M. Serra Pizzuta Calvarina. Dieser Teil des Berges, der aus Lava und Schlackenströmen aufgebaute „Mantel", steigt nur ganz allmählich mit etwa 5 Grad Böschung an.

Darüber erhebt sich in etwa 1750 Meter Seehöhe eine ganz bedeutend steilere Bergpartie mit einem Böschungswinkel von etwa 18 bis 25 Grad. Am unteren Rande dieser stärkeren Böschung liegen der M. Castello, der M. Castellazzo und die Schutzhütte Cantoniera. Hinter der steilen Böschung beginnt das flachere Terrain des „Piano del Lago", ein Name, der von einem alten See herrührt, der sich dort früher in einer Vertiefung aus den Wassern der schmelzenden Schneemassen angesammelt haben soll. Über dem oberen Rande der steilen Böschung ragen rechts und links zwei auffallende Flankenkegel empor, das mächtige zweigipfelige Massiv der Montagnola und westlich davon der M. Frumento supino. Dieser ganze Kegelstumpf ist der älteste Teil des Ätna, gewissermaßen der Kernkegel, dessen Fuß von dem bereits erwähnten unteren Mantel verhüllt ist. Während der Mantel aus neueren Aschen und flach übereinander geflossenen Laven aufgeführt ist, treten im „Zentralkegel" ältere Gesteine auf.

Die im Jahre 1763 entstandene Montagnola bildet den höchsten Punkt eines langen, von West nach Ost dahinziehenden Gebirgsrückens, der Serra del Solfizio, die die südliche Begrenzung der Valle del Bove bildet. Dieser gewaltige Talzirkus, in dem die ganze Ostflanke des Berges aufgerissen daliegt, ist für den Forscher wohl die lehrreichste Örtlichkeit des Ätna; enthüllt er an seinen nackten Wänden doch den verwickelten Aufbau und den Werdegang des Vulkans. Oberhalb des Piano del Lago ist der Bergkegel durch ein horizontales Plateau abgeschnitten, an dessen Südrand in 2943 Meter Höhe das Ätnaobservatorium liegt. Inmitten dieses Gipfelplateaus steigt, 15 Kilometer Luftlinie von Nicolosi entfernt, der große zentrale Aschenkegel empor, der seit Menschengedenken fortwährend tätig ist.

Eine charakteristische Eigentümlichkeit des Ätna sind die Flankenausbrüche, die sein Aussehen sehr wesentlich beeinflußt haben. Der große Zentralkrater auf der höchsten Spitze des Berges hat, trotz fortwährender Tätigkeit, nur sehr selten Lavaergüsse geliefert. Seine Tätigkeit beschränkt sich hauptsächlich auf das Ausstoßen von Dämpfen und Rauch, sowie zeitweise auf die Förderung von Aschen, Lapilli, Bomben und Schlacken. Die schon oft zerrissenen und wieder verkitteten Bergesflanken vermögen nämlich für gewöhnlich dem Drucke der im Eruptionsschlot aufsteigenden Lavasäule nicht standzuhalten; sie werden durchbrochen und verschaffen dadurch nicht allein der Lava, sondern auch den darin eingeschlossenen Gasen und den von diesen mitgerissenen Lavafetzen in Gestalt von Schlacken, Bomben, Lapilli und Aschen den Zutritt zur Erdoberfläche.

Nach Prof. Siebergs Ansicht sind die Flankenausbrüche des Ätna durch vorher existierende Spalten bedingt. Ein Blick auf die Karte läßt ohne weiteres erkennen, daß der Südabhang des Vulkans die meisten parasitären Krater oder Flankenkegel trägt, die ja die Anzeige der Flankenausbrüche sind. Diese Flankenkegel drängen sich zudem noch in einer schmalen Zone zusammen, die sich auf dem Nordabhang des Ätna bis zum Monte Mojo, jenseit des Alcantaraflusses, verfolgen läßt. Es ist gewiß kein bloßer Zufall, daß genau in der Verlängerung dieser Linie die tätigen Vulkane der Lipareninseln, Vulcano und Stromboli, liegen. Demnach muß man annehmen, daß die Nordsüdachse des Ätna mit einer Schwächezone der Erdrinde zusammenfällt, die dem Magma der Erdtiefen das Austreten ganz besonders erleichtert. Nicht nur liegen die Eruptionspunkte auf der Südflanke von 1883, 1886 und 1910 auf einer Spalte, sondern es fallen auch auf der Nordflanke, von einer minimalen seitlichen Verschiebung gegen Osten abgesehen, die Eruptionsspalten von 1809 und 1911 direkt zusammen.

Steigt aus irgend einer Ursache im Vulkanschlot eine Lavasäule empor, so preßt sie durch ihren hydrostatischen Druck einen Teil ihrer Masse in die Spalten des Nebengesteines. Unter Benutzung der eben geschilderten Radialspalte unterhalb des Eruptionsgebietes gelangt so das Magma bis ziemlich nahe an die Oberfläche heran. Unter Umständen wird die Gesteinsdecke von der Lava durchbrochen und fließt als Lavastrom aus; gewöhnlich da, wo die Deckschicht am dünnsten ist, also am unteren Spaltenende. Bei dem Ausfließen von Lava bleibt es aber in solchen Fällen gewöhnlich nicht; die in der Gangspalte sich fortbewegende Lava erleidet in dem vorwiegend horizontalen Gange Abkühlung, worauf eine lebhafte Entgasung des Magmas eintritt, auf dem nur noch der Druck einer leichten Gesteinsdecke lagert. Die hochgespannten Gase schaffen sich einen Ausweg, indem sie die Deckschicht an einzelnen

geschwächten Stellen explosiv durchschlagen und damit die Bildung von grubenförmig vertieften Explosionstrichtern veranlassen. Diese Gase reißen auch sowohl Fragmente der zertrümmerten Erstarrungskruste als auch Fetzen flüssiger Lava mit nach oben und lagern diese oftmals in Gestalt von Ringwällen und Flankenkegeln um die Ausbruchsöffnung ab. Dabei läßt sich eine Sonderung der Auswurfsstoffe nach ihrer Schwere beobachten: Die Lavaergüsse ebenso wie das Auswerfen von Bomben und großen Schlacken pflegen auf das untere Spaltenende beschränkt zu bleiben, während in den höher gelegenen Öffnungen folgeweise der Auswurf von Lapilli, Sanden und Aschen vorherrscht, und unter Umständen im obersten Teile neben alten Gesteinsbrocken nur Gase und Dämpfe ausgestoßen werden. Das verschiedenartige Verhalten des Magmas in den einzelnen Abschnitten des Gipfelkraters, des Spaltenganges und des Gangkopfes wird von Prof. Sieberg ausführlich dargestellt und begründet. Die Laven des Ätna zeigen ganz im Gegensatz zu manchen anderen Vulkanen einen recht einheitlichen Charakter, auch wenn sie verschiedenen Ausbrüchen angehören. Sie sind graue Feldspatbasalte.

An der Hand eines Aufstiegs zum Gipfel läßt uns Prof. Sieberg die einzelnen Teile des Ätna etwas genauer betrachten.

Bei der Besteigung von Nicolosi aus läßt man zweckmäßig die Monti Rossi links liegen und betritt bei den Altarelli die schwarze Lavawüste. Längere Zeit bewegt man sich nun auf dem oben schon erwähnten Lavastrom des M. Gemellaro von 1886 fort, ein Ritt, der, so interessant er ist, im Hochsommer und gar um die Mittagszeit geradezu zur Qual werden kann. In etwa 1000 Meter Seehöhe verläßt man die kultivierte Region, und bald bleibt auch der letzte Kastanienwald der Regione boscosa zurück, um ausgedehnten Beständen blütenbedeckten Ginsters Platz zu machen. Nachdem man noch vereinzelte grüne Oasen und Landhäuschen passiert hat, gelangt man an die Lava der Eruption vom März-April 1910 (siehe Schilderung nebst Abbildung Jahrbuch IX, S. 77). Endlich, nach vierstündigem Ritt, erreicht man die Schutzhütte Cantoniera, hinter der sich, oberhalb der steilen Böschung des Zentralkegels, das braune Massiv der zweispitzigen Montagnola dräuend emporreckt. Ein einzigartiges Landschaftsbild zeigt sich hier dem rückwärts blickenden Reisenden: lachende grüne Gefilde mit zahlreichen Ortschaften, deren helle Häuser in den Strahlen der Sonne weithin leuchten, dazwischen die dunklen Riesenschlangen der Lavaströme und die zum Teil begrünten Flankenkegel mit oft schön erhaltenen Kratern, die dem Berg aufsitzen wie die Seepocken den Muschelschalen. Ganz in duftiger blauer Ferne erkennt man Catania und die Fluten des Jonischen Meeres, die unmerklich mit dem Himmel verschwimmen.

Bei der Cantonierahütte stehen wir fast schon an der Grenze geschlossener Vegetation. Nur dünne Gräser, Farne, verkrüppelte Wacholder, das Ätnakreuzkraut und die halbkugeligen Polster des sizilischen Tragants fristen hier ein kümmerliches Dasein. Eine Alpenflora, wie man sie in dieser Höhe erwarten möchte, hat sich nicht ansiedeln können, weil der ungemein lockere Untergrund alles Wasser versickern läßt. Zu beiden Seiten der Cantoniera, nur wenige hundert Meter entfernt, liegen die Zentren zweier bedeutender jüngerer Ausbrüche, der Eruptionen von 1892 und 1910. Am 9. Juli 1892 bauten sich nördlich des Monte Gemellaro fünf parasitäre Feuerkrater, die Monti Silvestri, mehr als 100 Meter hoch auf. Aus dem unteren Teile dieser Berge ergoß sich ein gewaltiger, fast 2 Kilometer breiter Lavastrom und stieg in der Richtung auf die Monti Rossi bis zu etwa 920 Meter Seehöhe hinab.

Auf dem höheren Teile des Zentralkegels, wo sich die Nordhälfte der Eruptionsspalte vom März 1910 hinzieht, hat die Vegetation ein Ende; eine Wüste von Lapilli, rotbraunen, etwa nußgroßen vulkanischen Auswürflingen, in die der Fuß tief einsinkt, dehnt sich vor uns aus. Nachdem der obere Rand auch dieser Böschung überschritten ist, befinden wir uns auf dem gleichmäßig nur 7—10 Grad ansteigenden, schon geschilderten Abhang Piano del Lago; von seinem scharf markierten Rande winkt das Observatorium herab, und etwa 300 Meter südöstlich davon erhebt sich ein gleichfalls mit Lapilli überdeckter Hügel, der Torre del Filosofo.

Hinter dem Observatorium erhebt sich inmitten einer Kreisebene der tätige zentrale Aschenkegel. Er baut sich über einem System von zwei älteren Kratern auf, von denen auch heute noch Reste erkennbar sind. Der ältere dieser Krater hat nach seiner Gestalt den Namen „elliptischer Krater" erhalten, er stellt eine Ellipse dar, deren fast 4 Kilometer messende große Achse in der Richtung Nordwest-Südost verläuft. Aschenwürfe und zahlreiche Eruptionen haben den ehemals imposanten Zirkus nach und nach ausgefüllt, und die Bildung der Valle del Bove hat eine Bresche in den östlichen Teil der alten Kraterumwallung gelegt.

Später entstand oberhalb des Piano del Lago durch Verschiebung der Ausbruchsstelle ein weiterer Krater von beinahe kreisförmiger Gestalt mit einem Durchmesser von etwa 2600 Metern, der sogenannte Krater des Piano del Lago. Zur Zeit des griechischen Geographen Strabo (geb. 63 v. Chr.) ragte der Rand dieses Kegels fast 300 Meter höher als gegenwärtig. Einstürze erniedrigten den Kraterkegel mehr und mehr, namentlich in den Jahren 1169 und 1444 sowie gegen Ende März 1669, wo gelegentlich der damaligen starken Eruption der Krater bis zum heutigen Niveau vollständig zusammenbrach. Von seiner alten Umwallung ist heute nur noch beim Observatorium ein kleines Stück sichtbar. Neuere Eruptionen aber haben die in das Kraterinnere herabgestürzten Massen in Gestalt von Aschen und Steinauswürflingen wieder zu Tage gefördert, so daß sie an dem allmählich erfolgten Aufbau des zentralen Aschenkegels mitbeteiligt sind.

Um uns einen Einblick in den inneren Aufbau des Ätna zu geben, führt uns Prof. Sieberg zunächst in die öde, höchstens von Hirten mit ihren Ziegen- und Schafherden betretene Wildnis der Valle del Bove. Geht man vom Observatorium gegen Südosten, so gelangt man in der Gegend des Philosophenturmes an den Rand eines schwarzen, wüsten, von schroffen Wänden umschlossenen und



gegen Osten hufeisenförmig geöffneten Tales, der etwa 5 Kilometer breiten Valle del Bove. In der Tiefe erblickt man nichts als schwarze Lavaströme und einzelne Krater, darunter die beim Ausbruch von 1852 entstandenen Monti Centenari. Dicht dabei erhebt sich der Felsrücken der Serra Giannicola, durchsetzt von prächtig herausgewitterten Gesteinsgängen.

Die Valle del Bove ist durch Einsturz des östlichen Teiles des ätnaischen Zentralkegels entstanden. Das Tal nimmt seinen Ursprung hoch oben am Gipfelplateau, wo ein Teil vom Ringwall des elliptischen Kraters mit herabgerissen wurde. Die nackten Felswände des Tales und die Klippen der herausgewitterten alten Eruptionsgänge entschleiern den verwickelten inneren Aufbau des Vulkankörpers und lassen uns folgenden Einblick in den Werdegang des Vulkans tun.

In einem vom Sandsteingebirge der Monti Nebrodici umrahmten Meerbusen der Tertiärzeit, vielleicht eine Art von Einbruchskessel, regten sich die vulkanischen Kräfte. Erst wurden wohl eine größere Zahl gesonderter Ausbruchsstellen ins Dasein gerufen, nach und nach nur konzentrierte sich die vulkanische Kraft mehr und mehr auf wenige zentrale Schlote, die ihre Tätigkeit in der Richtung von Südsüdost nach Nordnordwest verlagerten und im Laufe der Zeiten durch die gewaltigen Mengen des Auswurfsmaterials die vormalige Meeresbucht allmählich trockenlegten. Der älteste, bisher mit Sicherheit nachgewiesene Krater war der des Trifoglietto; nachdem er sich durch zahllose Eruptionen aufgeschüttet hatte, wurde er durch eine oder mehrere Explosionen nach Art derjenigen, die den Sommakegel am Vesuv zerstörten, in ein gewaltiges Kesseltal umgewandelt. Der östliche Wall dieses Kesseltales, größtenteils zerrissen, blieb nur noch in einzelnen Resten erhalten. Bemerkenswert ist, daß bereits die ältesten Fundamente des Ätna entschieden den Charakter einer über dem Meere entstandenen Bildung tragen und nie die geringsten Spuren von Meeresorganismen enthalten. Es sind teils trachytische Konglomerate, teils feste, aus Feldspat, Hornblende und Augit zusammengesetzte Trachytbänke. Sie wurden durch eine jüngere Bildung, eine Anordnung von Grünsteinbänken, unterbrochen, die sich sternförmig von der Trifoglietta-achse ausbreiten. Das Zentrum der nun folgenden Ausbruchsepoche verschob sich nach Nordwesten, und so schüttete sich der folgende Zentralkegel auf der äußeren Böschung des früheren auf. Während der Kegel der Trifoglietta nur 2500 Meter Höhe gehabt hatte, stieg dieser neue Zentralkegel in seinem noch sichtbaren Rande bis fast 3000 Meter empor. Es bildete sich der elliptische Krater, die „Klingsteinformation“, dessen Tätigkeit wieder mit einer Zerstörung des südöstlichen Kraterrandes endete. Und wieder rückte nun das Zentrum der Tätigkeit nach einer anderen, diesmal mehr westlichen Richtung, es bildete sich der Zentralkegel des Piano del Lago, die „Doleritformation“, deren Gesteinsbildungen in großer Mannigfaltigkeit zwischen den Basalten und den heutigen Laven hin- und herschwanken. Dieser Zentralkegel umgab sich allmählich mit einem Lavamantel, der den vorerwähnten Golf vollends ausfüllte und so den Vulkan mit dem schon vorhandenen Teile der Insel Sizilien in Zusammenhang brachte. Auch der Zentralkegel des Piano del Lago besaß schon einmal einen viel weiteren Krater, der nur wenig höher war als der vorhergehende, dann aber, von den Eruptionen aufgefüllt, nach und nach den jetzigen Eruptionskegel aus sich herauswachsen sah.

Die Eruption vom 23. März bis 18. April 1910 (siehe Jahrbuch IX, S. 79) war von zahlreichen schwachen Erdbeben begleitet. Das stärkste von ihnen, gegen 3 Uhr am Morgen des 23., warf im Ätnaobservatorium, 3 Kilometer vom Bebenherde entfernt, sämtliche Weinflaschen zu Boden, wurde aber in dem 10 Kilometer entfernten Nicolosi nur sehr schwach verspürt und in dem 25 Kilometer entfernten Catania gar nicht. Dies bestätigt wieder die bekannte, aber immer wieder angezweifelte Tatsache von der geringen Ausdehnung der Explosionsbeben. Die Kleinheit des erschütterten Gebietes ist aber auch ein Zeichen dafür, daß man diese Art von Beben wohl nur auf das Anschlagen des empordringenden Magmas gegen die Gesteinsdecke bezw. auf deren Zerreißung zurückführen muß, wobei selbstverständlich der Bebenherd ganz oberflächlich liegt. Auch scheint der obere Teil des Berges stärker in Mitleidenschaft gezogen zu sein als der unterhalb des Ausbruchszentrums gelegene. Es hat sich hauptsächlich eine radial zum Gipfelkrater des Ätna verlaufende Spalte gebildet, die offen klafft und zum Teil leicht zickzackförmig verläuft. Auf einem mehr als $1^1/_2$ Kilometer langen Stück wird sie durch mehr als ein Dutzend perlschnurartig aneinander gereihter Ausbruchsöffnungen gekennzeichnet. Prof. Sieberg möchte annehmen, daß die anhaltenden, zitternden Erderschütterungen im Eruptionsgebiete, eine Folge des Anschlagens des empordringenden Magmas gegen die Gesteinsdecke, auch der Anlaß für die Entstehung einer im Gebiete der Spalte entstandenen Grabensenkung gewesen sind, deren größte sichtbare Verwerfungshöhe etwa 3 Meter beträgt.

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Gebilden, deren vulkanische Natur sich nur bei näherem Zusehen zu erkennen gibt, verrät der meist von einer Rauchfahne überragte große Gipfelkegel schon aus weiter Entfernung auch dem Laien, daß wir im Ätna einen tätigen Feuerberg vor uns haben. Dieser Aschenkegel, das unbeständigste Gebilde des Vulkans, ist in steter Umbildung begriffen. Seine merkwürdigste Gestalt zeigte er in den Jahren 1832—1837. An der Ostflanke des Kraters senkte sich damals ein tiefer Schlund von etwa 300 Meter Durchmesser mit senkrechten Wänden in eine schauerliche Tiefe hinab; Pozzo di Fuoco (Feuerbrunnen) nannte man diese Pforte der Unterwelt. An einer anderen Stelle zeigten sich in einem schwer zugänglichen Abgrund sogar gewaltige Eismassen, in deren Inneres eine Höhle nach Art eines Gletschertores hineinführte. Jetzt sind diese Gebilde schon wieder bis auf die letzte Spur zerstört. Trockene Aschenlawinen, namentlich aber Regenfälle und die Schmelzwässer des Schnees haben zahlreiche tiefe Furchen in den Gipfelkegel gerissen. Für gewöhnlich einförmig aschgrau, kann er zuzeiten doch be-

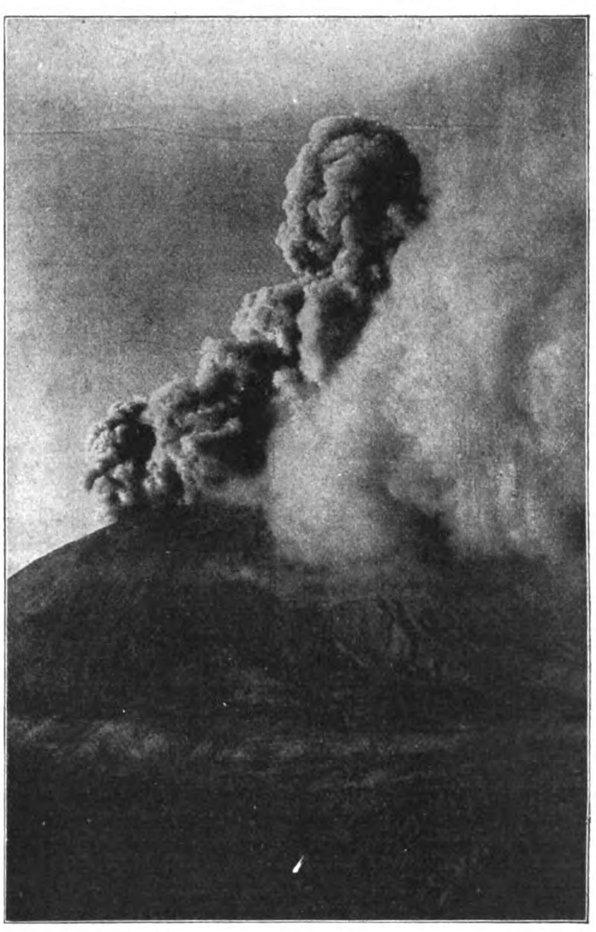


rückende Farbenpracht zeigen. Während Siebergs Anwesenheit im Juli 1910 leuchtete er in der Richtung der vorherrschenden Winde in den buntesten Farben, weiß, rotbraun, gelb und grün. In diesen Mineralkrusten, Sublimationsprodukten aus den Dampfwolken des Kraters von kaum Messerrückendicke, spielt neben Gips, Salmiak u. a. eine hervorragende Rolle das Eisenchlorid, vom Laien infolge seiner gelben Färbung gewöhnlich als Schwefel angesehen.

Die Besteigung des Gipfelkegels kann nur zu Fuß erfolgen und ist infolge des lockeren und leicht abrutschenden Bodens recht mühsam. Auf der Westseite des Kegels führt uns der Weg an den oft meterdicken Auswürflingen der großen Gipfeleruption vom 19. Juli 1899 vorbei, vor deren wütendem Hagel glühender Bomben mehrere Gelehrte im Observatorium Schutz suchen mußten. Nach etwa einstündigem Aufstieg ist endlich das Ziel erreicht, wir stehen am Rande des großen Zentralkraters, dessen gähnender Schlund etwa 500 Meter Durchmesser hat. In schwindelnde Tiefen stürzen senkrechte Felswände hinab, aus deren Spalten und Klüften allerorts die Dampfstrahlen der Fumarolen aufsteigen. Deutlich läßt sich der innere Aufbau des Kegels aus wechselnden Schichten lockeren und festen Gesteinsmaterials erkennen, das zum Teil von den Dämpfen zermürbt und zerfressen ist und sich mit buntschillernden Mineralkrusten überzogen hat. Felsblöcke und Schuttmassen fallen donnernd in den Abgrund des Kraters, dessen Boden für gewöhnlich dem Blicke durch Massen ätzender und zum Husten reizender Dämpfe entzogen bleibt. Auch kann man zum Hinunterblicken nicht nahe genug herantreten, da die Randpartien des Kegelmantels ganz gelockert und von Spalten durchzogen sind, aus denen stellenweise lange Reihen von Dampfstrahlen zischend entweichen. Durch diese Nichtbefriedigung begreiflicher Neugier verliert aber nach Prof. Siebergs Meinung die Wissenschaft kaum etwas; der Vulkan lasse sich seine Geheimnisse nicht dadurch ablauschen, daß man in seinen qualmenden Krater hineinsieht. Dafür entschädigt ein Rundblick von einzigartiger Größe, der sich fast über ganz Sizilien erstreckt.

Diese ganze Szenerie ändert sich vollständig bei einer Eruption. Als Sieberg am 29. September 1911 beim Observatorium anlangte, waren Gipfelplateau und Zentralkegel mit einer fußhohen Schicht gelbgrauer, mehlfeiner Asche bedeckt. Aus nächster Nähe machte die aus dem Gipfelkrater aufsteigende dunkle Eruptionswolke einen geradezu überwältigenden Eindruck. In dichten, gepreßten Ballen quollen die Aschenmassen über den Kraterrand und wurden oft in unglaublich kurzer Zeit 1200 Meter hoch übereinander getürmt. Alles in der Rauchwolke war in steter Bewegung. Man sah ganz deutlich, daß die einzelnen Ballen riesige Rauchringe waren, die durch einen inneren langen Schlauchfortsatz ununterbrochen Material zugeführt erhielten.

Dabei erzeugten sie gleichzeitig zahlreiche neue abgezweigte Ballen. Das Gesamtbild derartiger quirlender Eruptionswolken ist zutreffend mit einem Blumenkohl verglichen worden. In der Windrichtung löste sich aus der Wolke eine Rauchfahne ab, die den Aschenregen brachte, während aus den wirbelnden Wolkenmassen niemals ein solcher niedergeht, weil in ihnen die Aschenteilchen in der Schwebe gehalten werden. Beim Zuschreiten auf den Nordostrand des Gipfelplateaus führte des Forschers Weg mitten durch die Wurzel der Rauchfahne. Ein gelbgraues, von der Sonne eigentümlich durchleuchtetes Düster umgab ihn,



Eruptionswolken des Gipfelkraters des Ätna am 15. September 1911.

kaum fünf Schritte weit konnte man sehen. Die heiße Asche prickelte gleich Nadeln auf Gesicht und Händen, drang in die Ohren und trotz der Schutzbrille auch in die Augen. Mund und Nase wurden trotz vorgebundener Tücher mit Aschenstaub erfüllt, und die miteingeatmeten Salzsäure- und Schwefeldämpfe reizten die Schleimhäute unerträglich.

Der eigentümliche Aufbau der Eruptionswolken läßt sich an der Hand der experimentellen Untersuchungen von Ausströmungsgebilden, wie sie verschiedene Physiker, unter ihnen K. Mack, angestellt haben, nachahmen und verstehen, worauf hier nicht weiter eingegangen werden kann. Dagegen folgen wir Prof. Sieberg noch in einer



kurzen Schilderung des letzten Ätnaausbruches im September 1911.

Diese Eruption erfolgte auf der Nordseite des Berges. Nachdem vom 1. bis 9. September leichter bis mäßiger Rauch dem Zentralkrater entströmt war, begann gegen Mitternacht die Flankeneruption mit einer Einleitung von zahlreichen, teilweise recht kräftigen Erdbeben, die bis 4½ Uhr nachmittags des 10. in kurzen Abständen einander folgten, aber wieder ganz örtlicher Natur waren. Noch in derselben Nacht rötete über dem Nordgehänge des Berges heller Feuerschein den Himmel und zeigte an, daß dort der geborstenen Erde ein Strom glutflüssigen Gesteins entquoll. Zugleich entstieg dem Gipfelkrater weißer Rauch in gewaltiger Menge, und aus diesem ging ein kräftiger, nach schwefliger Säure riechender Aschenregen nieder, der vom Winde bis nach Catania hin getrieben wurde. Beim Morgengrauen sah man, daß sich hoch oben in der Wüstenregion eine lange Bodenspalte geöffnet hatte, aus der gewaltige Rauchmassen empordrangen, während am unteren Spaltenende, in etwa 1600 Meter Meereshöhe, die Lava zu Tage trat. Zunächst im allgemeinen dem Ostrand der Lava von 1809 folgend, floß der Feuerstrom in unbebauten Gegenden, wo er kein Unheil anrichten konnte, dann verzehrten die Glutmassen die Pinien- und Kastanienwälder von Linguaglossa und Castiglione, ließen Weinberge, Felder und zahlreiche Landhäuser in Flammen aufgehen und überschritten am 13. die großen Landstraße nach Randazzo und den Schienenstrang der Ätnarundbahn bei der Station Mojo. Ganz unvermittelt kam am Abend des 22. September die Eruption zum Abschluß, und die Lava machte halt in einem Bestande der berühmten ätnaischen Nußbäume in der Landschaft Sollichiata.

Am Nordfuße des Zentralkegels und weiter abwärts zeigten sich bedeutende Bodenveränderungen. Ein bereits im August durch Einsturz entstandener neuer Krater mit steil abfallenden Wänden hatte sich durch Nachsturz ganz erheblich erweitert, mehr unterhalb hatten sich große Spalten im Boden geöffnet, zahllose Krater und Aschenkegel waren hier entstanden. Auf dem Ostabhang einer großen Terrasse zog sich der obere Teil der neu gebildeten, mehr als 4 Kilometer langen Vulkanspalte hin. Wenige Tage vor dem Eintreffen Prof. Siebergs hatten hier noch die unterirdischen Feuermächte ihr zügelloses Spiel getrieben. Die alte Gesteinsdecke wurde gesprengt und die Umgegend unter einer trostlosen, kaum beschreitbaren Lage von Blöcken begraben. Weiter unten bauten sich aus herausgeworfenen großen Fladen noch teigartiger Lava und aus Schlacken zwei fast parallel verlaufende hohe Wälle auf, auf deren Kamm zahllose Feueressen kräftig arbeiteten. Aus vier Öffnungen der Wälle quollen ebenso viele Feuerbäche, die sich bald zu einem einzigen, großartigen Strom vereinigten.

Nun aber herrschte hier Todesruhe. Ausgebrannt gähnten die tiefen Kratertrichter, versiegt waren die Quellen des Feuerstromes und starrten als dunkle Grotten. Die neue Spalte zeigte sich mit mehr als hundert Ausbruchsöffnungen besetzt. Sie verläuft im allgemeinen nordsüdlich auf dem Nordabhange des Ätna in einer der ödesten und unzugänglichsten Gegenden dieses Vulkanriesen und zeigt die bekannte Gesetzmäßigkeit in der Anordnung der zu Tage geförderten Materialien.

Während auf dem Ätna auch die Tätigkeit des Gipfelkraters bald stark abflaute, zeigte der genau in der Nordsüdachse des Ätna liegende Vulkan auf der Lipareninsel Stromboli bis zum Jahresende eine erhöhte Tätigkeit, die allerdings schon um die Mitte des August begann, vom 9. September an sich aber ganz erheblich steigerte. Fast noch interessanter sind die von Riccò mitgeteilten Vorgänge auf der südlichen Verlängerung der durch Ätna und Stromboli gekennzeichneten Schwächezone der Erdrinde. Am 30. September erfolgte bei der Insel Gozo (zur Maltagruppe gehörig) ein von Erdbeben begleiteter untermeerischer Vulkanausbruch im Jonischen Meere. Während des in Sizilien nur schwach, auf Malta stark, und sehr stark auf Gozo verspürten Erdbebens sahen Fischer westlich vom Kap San Dimitri der Insel Gozo eine Rauchsäule aus dem Meere aufsteigen und ein dänischer Dampfer verspürte in einiger Entfernung von diesem Kap ein Seebeben, wobei das Wasser in starke Aufregung geriet.

Eine in manchen Kreisen als Folgeerscheinung der Ätnaeruption befürchtete Erdbebenkatastrophe in Messina und Kalabrien blieb aus, war auch gar nicht zu erwarten, da die Erdbeben hier auf Schollenverschiebungen der Erdrinde, also tektonischen Prozessen beruhen, die Vulkanausbrüche höchstens zur Folge, niemals zur Ursache haben können. Dagegen steht das zerstörende Erdbeben am Ostfuße des Ätna, das am 15. Oktober die Ortschaften vor dem Eingang der Valle del Bove heimsuchte, sicherlich in ursächlichem Zusammenhang mit der Ätnaeruption. Prof. Sieberg hält dies Beben für einen der seltenen Fälle, wo die Entstehung auf einen mißglückten Durchbruch des mit der verflossenen Eruption noch nicht zur Ruhe gekommenen Magmas zurückzuführen ist.

Während der Ätna seinen Krater sterblichen Augen verschließt, läßt der Vesuv in dieser Hinsicht eher mit sich reden. Die unterirdische Tätigkeit des Vesuv, berichtet der Prof. Mercalli, der eine der beiden Leiter des Vesuvobservatoriums, hat wieder begonnen. Die Rauchtrichter des Hauptkraters sind seit langem wieder in Tätigkeit, ja ihre Aktivität ist sichtlich im Wachsen begriffen, und wir haben unerwünschte Zeichen dafür gefunden, daß der Vesuv aus seinem langen Schlafe erwacht ist. Prof. Malladra, der Kollege Mercallis, hat am 31. Mai 1913 einen waghalsigen Abstieg 1000 Fuß tief in den Krater des Vulkans unternommen, von dem die Tageszeitungen berichten.*) Ein nervenkitzelndes Unternehmen nennt er seine Fahrt; denn es gingen fortwährend Erdrutsche an den inneren Wänden des Kraters nieder, während er steile Abgründe hinunterkletterte, die Meß- und Temperaturaufnahmeinstrumente nebst dem photographischen Apparat auf dem Rücken. Auf dem Boden des Kraters fand er Stellen, wo er bequem für längere Zeit ein Zelt hätte aufschlagen können.

*) S. u. a. Berl. Tagebl. 1913, Nr. 350.

Der höchste Punkt des Kraters wurde auf 3851 Fuß über Meereshöhe festgestellt, während er vor dem Ausbruch vom Jahre 1906 etwa 420 Fuß höher lag. Die Mitte des Kraterbodens fand Professor Malladra 861 Fuß tief, an einigen Stellen betrug die Tiefe 987 Fuß. Es befanden sich also auf dem Kraterboden, der von oben besehen vollständig eben erscheint, Hügel von 126 Fuß Höhe. Was vom Kraterrande aus gesehen wie kleine, zerstreut liegende Steinchen aussieht, fand man unten als Monolithe von 8 bis 10 Kubikmetern wieder.

Hinsichtlich der Temperatur machte Professor Malladra eine bemerkenswerte Entdeckung. Die Hitze war in den neun Monaten, seit Dr. Capello in den Krater gestiegen war, um 167 Grad gewachsen. Am stärksten war sie mit 295 Grad an der großen gelben Schwefelspalte. Es sind dort titanische Kräfte am Werk, während nach außen hin alles ruhig erscheint. Legt man das Ohr auf einen der Monolithe, so hört man ein leises, tiefes Brausen, das hin und wieder von dumpfen Stößen und einem unheimlichen Tönen wie vom Sausen eines Sturmes begleitet ist. Prof. Malladra legt diesen akustischen Erscheinungen die größte Bedeutung bei; er hofft, in kurzer Zeit ein Problem gelöst zu haben, das noch niemand zu lösen unternommen hat. Wir wissen nicht, was in den Tiefen des Kraters nachts vor sich geht; er plant deshalb einen neuen Abstieg in den Mund des Ungetüms und hat im Sinne, einen ganzen Tag und eine ganze Nacht im Rachen des Vesuvs zu verbringen. Daß die unterirdische Tätigkeit des Vulkans vor dem Erlöschen stehe, wie man aus der völligen Untätigkeit der Monte Somma schließen könnte, glaubt er nicht. Die dort noch zeitweise aufsteigenden Rauchwolken verdanken ihre Entstehung dem Umstand, daß die gewöhnlichen Öffnungen für die Winde des Vulkans bisweilen verstopft sind, und daß sich die Dämpfe dann unter dem Drucke des ungeheuren inneren Dranges einen Ausweg durch die alten, meist nicht benützten Ausgänge suchen. Malladra glaubt an eine Eruption für die nächste Zukunft und hält es für möglich, daß sich in nächster Nähe des Observatoriums ein neuer Krater bildet. Bei der Untersuchung des alten Kraters im Mai 1912 entdeckte er, daß durch ein Erdbeben ein großer, 10 Fuß breiter Riß in der Seite des Vesuvs entstanden ist. Er beginnt an der Spitze des Kraters und zieht sich den Berg hinunter auf der Seite des Atrio del Cavallo bis ans Meer. Er trennt die Stadt Torre del Greco in zwei Teile. Dort — meint Malladro — lauere der Tod.

Meteorologisch von Bedeutung war der Ausbruch des Katmai*) auf Alaska, der am 6. Juni 1912 begann. Der 2286 Meter hohe Vulkan gehört zu den bekannten zehn bis zwölf mehr oder minder tätigen Vulkanen der Halbinsel Alaska. G. C. Martin, der von der Nationalen Geographischen Gesellschaft von Washington ausgeschickt wurde, um schnellstens Nachrichten von dem Ausbruch zu sammeln, weist darauf hin, daß diese Eruption im großen ganzen ähnliche Erscheinungen zeigt wie jene des Krakatoa im Jahre 1883, obgleich glücklicherweise, da der Katmai in einer spärlich bewohnten Gegend liegt, der Schaden verhältnismäßig klein war. Lavaströme scheinen sich nicht gebildet zu haben. Die Eruption, innerhalb zweier Tage drei Ausbrüche von außerordentlicher Gewalt, bestand zuerst aus Auswürfen von Bimssteinen, dann von Aschenstaub, dessen Feinheit allmählich zunahm. 20 Meilen vom Vulkan entfernt hatten sich die Bimssteine auf dem Meere derart angesammelt, daß Menschen darauf gehen konnten, ohne einzusinken. In Kodiak, 100 Meilen vom Vulkan entfernt, verursachte der starke Aschenregen für sechs Stunden eine vollkommene Finsternis. Die Asche erreichte im allgemeinen eine Höhe von 25 bis 30 Zentimetern und drückte die Dächer ein, während von Aschen-

*) Meteorol. Zeitschr., Bd. 30 (1913), Heft 9.



Südliches Ende der Schweißschlackenmauer am Ätna. Eruption vom September 1911.

lawinen, die die Hügel herabglitten, Häuser zerstört wurden. Aschenstaub fiel noch in einer Entfernung von 900 Meilen, und wenn sich Schiffe in diesen Meeresgebieten aufgehalten hätten, wäre sicherlich von noch ferneren Gegenden Aschenfall gemeldet worden. Wahrscheinlich sind am Vulkan selbst größere Änderungen eingetreten, da ein Beobachter erklärte, die Hälfte des Berges fehle. C. G. Abbot, der Direktor eines astrophysikalischen Instituts zu Washington, der zur Zeit der Katmaieruption in Algerien war, schließt aus seinen eigenen Beobachtungen und aus Mitteilungen, die er vom Mount Wilson in Kalifornien, vom Mount Weather in Virginien und von anderen Orten in verschiedenen Teilen der Erde erhielt, daß hiebei eine ähnliche, die ganze Erdatmosphäre umfassende Zerstäubung feinsten vulkanischen Staubes stattgefunden hat, wie wir sie bereits im Falle des Krakatoaausbruchs beobachtet haben.

Prof. Dr. R. Spitaler sucht nachzuweisen, daß die Achsenschwankungen der Erde als Ursache der Auslösung von Erdbeben wirken können.*) Bei den bekannten

*) Sitzungsber. der Kais. Akad. d. Wissensch. Wien, 1913, 122. Bd., III. Heft.

Polverschiebungen oder Achsenschwankungen (siehe Jahrb. X, S. 58) verschiebt sich die Erde gegen die Rotationsachse, die, abgesehen von der Präzession und Nutation, ihre Lage im Raume, nicht aber im Erdkörper beibehält. Es schwingt also die Erde in der durch die beobachtete Polkurve gegebenen Bahn um die jeweilige Rotationsachse hin und her, oder sie „schlottert" um diese Achse, um einen Ausdruck Küstners zu gebrauchen.

Sobald aber die Rotationsachse in der Erde eine andere Lage einnimmt, treten sofort Änderungen in den Flugkräften auf, die das Bestreben haben, die Abplattung der Erde, wenn sie flüssig oder hinlänglich plastisch wäre, der neuen Lage der Rotationsachse anzupassen, oder, wenn die Erde fest ist, sie wieder in die neue Lage der Rotationsachse hineinzudrehen. Der letztere Vorgang ist offenbar unvergleichlich viel schwerer durchführbar als der erstere, denn die Erde hat, abgesehen von den Oberflächenschichten, als Ganzes die Starrheit des Stahles. Es entsteht also die Frage: Mit welchen Kräften versucht die Erde wieder in die neue Lage der Rotationsachse sich hineinzudrehen?

Zuvor kommt noch etwas anderes in Betracht. Die Verlegung der Hauptträgheitsachse, die dann die Polschwankungen hervorruft, wird durch Massenverschiebungen auf und in der Erde verursacht. Letztere, wenn vorhanden, kennen wir nicht. Von jenen auf der Erde sind es vor allen die jahreszeitlich-periodischen Verschiebungen von Massen, die eine jährliche periodische Verschiebung der Hauptträgheitsachse hervorrufen. Spitaler hat gezeigt, daß der jahreszeitliche Transport von Luftmassen auf der Erde vom Land zum Meer und von einer Halbkugel auf die andere und umgekehrt den jährlichen Betrag der Polbewegung beinahe zu erklären vermag. Diesen Massentransport verursacht die Sonnenstrahlung, also eine äußere Kraft. Diese Luftmassen sind also periodisch auf verschiedenen Stellen der Erdoberfläche festgehalten, weshalb auch die Hauptträgheitsachse in der Erde durch diese äußere Kraft fixiert ist. Wollten die inneren Flugkräfte auch die Erde in die neue Lage der Rotationsachse hineindrehen, so sind ja wieder die äußeren Kräfte da, die dies nicht zulassen.

Es sind also die Drehkräfte potentielle Energien, die nur dort mit Arbeitsleistung auftreten, wo sie sich äußern können; da sie die Erde nicht zu drehen vermögen, werden sie diese, wo sich dazu Gelegenheit bietet, für die neue Lage der Rotationsachse umzuformen versuchen. Sie werden örtliche Anpassungen hervorrufen oder Bodenverschiebungen auslösen, die sich uns als Erdbeben kundtun. Prof. Spitaler führt an Hand von Berechnungen aus, daß diese Druckspannungen oder Erdbeben auf der ganzen Erde ausgelöst werden können, vor allem aber im Meridian der Polverschiebung oder richtiger gesagt im ganzen größten Kreise der Polverschiebung, weil dort die Kraft am größten ist.

An dem Beispiel der beiden großen kalifornischen Erdbeben vom 30. März 1898 und vom 18. April 1906 wird gezeigt, daß die durch Spitalers Untersuchung dargelegten Kräfte ganz gut mit denen übereinstimmen, die von der zur Untersuchung des kalifornischen Erdbebens eingesetzten Kommission aus den Wirkungen des Bebens abgeleitet wurden.

Man möchte nun glauben, daß immer, wenn die Kraftlinien der Polverschiebung dieselbe Richtung erlangen, wieder Erdbeben eintreten werden. Das braucht aber nicht der Fall zu sein, weil durch ein großes Erdbeben jedenfalls die vorhanden gewesene Spannung gründlich ausgelöst wurde, so daß es wieder längerer Zeit bedarf, bis sie einen gewissen Grad erreicht und wieder ausgelöst werden muß.

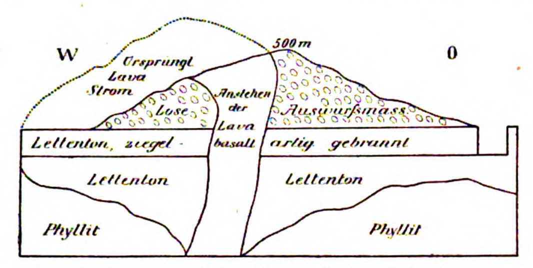
Es kann auch vorkommen, daß nach einem Beben die Richtung der neueintretenden Spannungen sich ändert, so daß folgende Beben nicht mehr bei der ursprünglichen Richtung der Kraftlinie ausgelöst werden. Einsturzbeben und vulkanische Beben, letztere entstanden gedacht durch Druck auf Magmamassen, sind jedenfalls bei verschiedenen Richtungen der Druckkraft auslösbar; selbstverständlich können auch durch die Erschütterung infolge benachbarter oder entfernterer Beben ebenfalls Erdbeben zur Auslösung gelangen. Jedenfalls aber ist ein großer Teil der Erdbeben auf die potentielle Energie infolge der Polverschiebungen zurückzuführen.

In seiner Abhandlung „Die Eiszeiten und Polschwankungen der Erde" hat Prof. Spitaler gezeigt, daß infolge der allmählichen Vereisung von Europa und Nordamerika der Nordpol der Rotationsachse um 4 Bogenminuten gegen 115 Grad östl. Länge v. Gr. gewandert sei, und daß dabei wiederholte Adaptionen der Erdoberfläche (Anpassungen an die veränderten Spannungsverhältnisse) eingetreten sein können. Wenn wir mit so großen Polverschiebungen bei den Formeln Spitalers rechnen, so wäre die Erklärung der Entstehung der größten Faltengebirge der Erde nach jeder Richtung und überall auf der Erde gegeben.

Auch Prof. v. Kövesligethy hat gezeigt, daß die Massenumlagerungen bei den Erdbeben zur Erklärung der Polhöhenänderungen herbeigezogen werden können. Nach seiner Auffassung wären die Erdbeben die primäre, die Unregelmäßigkeiten in der Polbahn die sekundäre Erscheinung. Spitaler steht auf dem entgegengesetzten Standpunkt, insofern als er die Unregelmäßigkeiten der Polbahn zum größten Teil in den Unregelmäßigkeiten der jährlichen periodischen Bewegungen des Trägheitspols erblickt, die durch die jährlich gewiß nicht ganz gleichmäßig wiederkehrenden meteorologischen Phänomene bedingt werden. Es scheint daher näher zu liegen, daß der unregelmäßige Verlauf der meteorologischen Massenverschiebungen und als deren Folge Unregelmäßigkeiten in der jährlichen periodischen Bewegung des Trägheitspols die primäre und ein Teil der Erdbeben die sekundäre Erscheinung ist. Betrachtet man beispielsweise daraufhin die beiden großen Erdbeben von San Franzisko, so ergibt sich, daß vor der Erdbebenkatastrophe die Polbahn eine rasche Richtungsänderung gemacht hat, also sie das primäre, die Erdbebenkatastrophe das sekundäre Phänomen war.

Die Kur- und Badeverwaltung von Franzensbad hat sich um die Erhaltung eines Naturdenkmals verdient gemacht, das nicht nur unter geologischen Gesichtspunkten, sondern auch als langjähriges Stu-

dienobjekt Goethes Rettung vor dem Untergang verdient; sie hat für 38.000 Kronen den bekannten Kammerbühl bei Eger angekauft, eine Erhebung, die mit dem 11 Kilometer südlich von Eger



Der Kammerbühl. Durchschnitt nach Prof. E. Kaiser.

gelegenen Eisenbühl zu den jüngsten Vulkanen Mitteleuropas gehört. Prof. E. Kaiser widmet bei dieser Gelegenheit dem merkwürdigen Hügel eine kurze Erörterung.*)

Kammerbühl und Eisenbühl entstanden beide im Zusammenhang mit den gewaltigen Einbrüchen des böhmischen Kessels südlich vom Erzgebirge. Als sich zwischen diesem Gebirge und dem Karlsbader Bergland der Boden kilometertief senkte, bildeten sich mächtige Bruchspalten, auf denen nun Vulkane entstanden, die durch Lavamassen die Wunden zu schließen suchten. Unter der dünnen Humusschicht des nur 30 Meter über seine Umgebung aufragenden Hügels (absol. Höhe 500 Meter über der Adria) trifft man zunächst auf schwarze Schlacken, als ob hier ein Hüttenwerk gewesen wäre. Sie lagern auf tertiärem Ton, der sich in einem Süßwassersee abgelagert hat. Da sich nun die vulkanischen Massen auf diesem tertiären Ton oder Letten ausbreiten, so ist ohne weiteres erwiesen, daß der Durchbruch der Lavamassen erst in der Tertiärzeit oder noch später erfolgt ist.

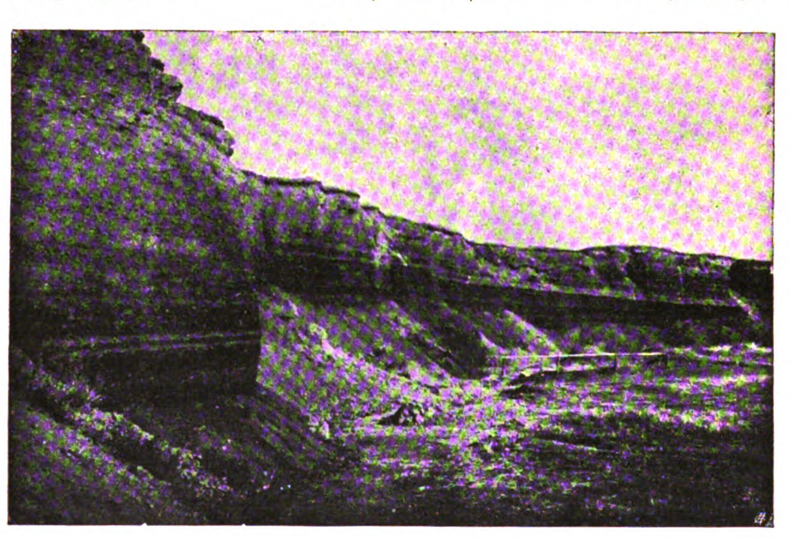
Wo die heißen Schlacken der Ausbruchsmasse und die Laven die obersten Schichten des Tons berührten, sind diese verbrannt und zeigen ein rotes, ziegelartiges Aussehen. Die Grundlage des von den vulkanischen Massen durchbrochenen Letten bildet ein dünnschieferiger, grünlicher bis schwarzer Phyllit. Auf Anregung Goethes ließ Graf Sternberg einen Schacht in den Berg treiben, und man konnte den mit alter Lava ausgefüllten Schlund deutlich verfolgen. Einige hundert Meter vom Hügel entfernt, in einer dem Lavaerguß entgegengesetzten Richtung, hat sich die schwarze Asche horizontal abgelagert, durchsetzt mit vulkanischen Bomben, den eigentümlich gedrehten Schlackensteinen, die oft Olivin, Glasopal, Augit, Hauyn und Natrolith enthalten.

*) Deutsche Rundschau f. Geogr., 36. Jahrg., Heft 2.

Alles spricht dafür, daß dieser Vulkan nur einen einzigen Ausbruch gehabt hat, während dessen sich nicht einmal der Wind drehte. Vielleicht entstand der Berg in wenigen Stunden wie der berühmte Monte nuovo bei Neapel, der sich am 28. September 1538 aus einer bis dahin völlig friedlichen Ebene mit fürchterlichem Feuerausbruch erhob und einen 139 Meter hohen Aschenkegel aufwarf. So bezeichnen Kammer- und Eisenbühl vielleicht die letzten Regungen der eigentlichen eruptiv vulkanischen Tätigkeit im Erzgebirgsgebiete, deren Zeuge noch der Mensch der Eiszeit gewesen sein könnte. Der Eisenbühl mag seine Ausbrüche sogar erst in historischer Zeit gehabt haben, gleichzeitig mit den Ausbrüchen in der Eifel, wo man unter den Lavatuffen menschliche Skelette gefunden hat.

Den vulkanischen Ausbrüchen folgten auch jene Ausbrüche von kochend heißem Wasser, unter denen der berühmte Karlsbader Sprudel mit einer Temperatur von 73 Grad Celsius die wunderbarste Erscheinung ist. Da er bei dem Erdbeben von Messina am 28. Dezember 1908 in Mitleidenschaft gezogen wurde, da ferner die Quellen von Teplitz bei dem großen Ausbruch des Mont Pelé 1907 sich trübten, bei dem Erdbeben von Lissabon 1755 sogar versiegten, so ist die Annahme berechtigt, daß ein gewisser Zusammenhang zwischen dem böhmischen Senkungsfelde und dem Vulkanherd des Mittelmeeres einerseits, dem der Antillen anderseits besteht, worauf auch A. v. Humboldt schon aufmerksam gemacht hat.

Die ehedem auf dem Kammerbühl vorhandenen Lavablöcke hat man fast alle zu Bauzwecken aufgebraucht; unter anderem besteht aus dieser Lava der sogenannte „schwarze Turm" der Kaiserburg zu Eger, der um 800, zur Zeit Karls des Großen, erbaut sein soll und dank der Festigkeit des Gesteins allen Angriffen der Verwitterung und des Krieges trotzte. Herrlich und schon von Goethe gerühmt ist die wundervolle Fernsicht vom Kammerbühl aus.



Grube am Kammerbühl mit den Aschenschichten.

Bewegungen in der Erdrinde.

Bekanntlich wird die Entstehung des Baues alpiner Gebirge seit wenigen Jahrzehnten durch die sogenannte Überschiebungshypothese erklärt, eine Annahme, nach der dünne Bewegungslamellen, sogenannte Decken, durch Bewegung vornehmlich in horizontaler Richtung übereinander geschichtet worden sind. Diese Deckenlehre, wie man sie auch nennt, will den Aufbau der Alpen in der Weise erklären, daß die vier heute im Alpenkörper vereinigten Massen, die helvetische, lepontische, ostalpine und dinarische, nach Süden zu auseinander zu reihen sind und hier vor der Alpenfaltung nebeneinander als gesonderte Sedimentationsbezirke bestanden haben. Im einzelnen bestehen aber diese vier Zonen nicht aus je einer einzigen liegenden Falte oder Überschiebungsdecke, sondern sind wieder in mehr oder weniger zahlreiche „Decken" aufgelöst, die ihre Lage zueinander in den Alpen durch Schub von Süden nach Norden unabhängig von der endgültigen Zonengruppierung erhalten haben müssen.

Aber selbst mit dieser außerordentlichen Massenhäufung durch den Schub von Süden kommt die Deckenlehre nicht aus. Es wurde in weitgehendem Maße von der Hilfstheorie der „Deckeneinwickelung" Gebrauch gemacht. Bei dieser Vorstellung ist noch nach der Überschiebung der vier Hauptzonen im Alpenkörper ein starker Schub von Süden am Werke gewesen, durch den beispielsweise der hangendste Teil des Lepontinums (Radstädter Tauerntrias) in den liegendsten Teil des Ostalpinums (Quarzite und Gneise) eingefaltet und in dieser Umhüllung um mehr als 50 Kilometer nach Norden verfrachtet ist.

Wir haben schon im vorigen Jahrbuch (XI, 1913, S. 60) gesehen, daß nicht alle Geologen mit dieser Deutung des Alpenaufbaues einverstanden sind. Stellt sie doch auch etwas starke Anforderungen an unsere Vorstellungen von der Möglichkeit der Fortbewegung starrer Gesteinsmassen über gewaltige Festlandsräume. Nehmen wir, so sagt Dr. R. *Lachmann* in einem Vortrag über den Bau alpiner Gebirge,*) die konsequenten Vertreter der Deckenlehre beim Wort, so müssen wir, um die Lage der Südalpen vor der Faltung zu rekonstruieren, zunächst die Deckensysteme aus ihrer gegenseitigen Verschlingung auseinanderwickeln, zweitens die vier Hauptmassen durch Ausglättung der Hauptwellen nebeneinander setzen und endlich innerhalb jedes Deckensystems die Verfaltung der Unterzonen entwirren. Ein Wiederherstellungsversuch unter diesen Gesichtspunkten führt zu einer Verlegung der Südalpen vor der Faltung um mehr als 1600 Kilometer. Aus der Gegend der heutigen Sahara also, auf Hunderte von Meilen Entfernung, soll eine Gesteinshaut, deren Dicke bestenfalls einige Tausend Meter beträgt, nach Norden in Tafeln zum Alpenkörper zusammengeschoben sein.

Diese Annahme steht nach dem Ausspruch berufener Geophysiker mit den Gesetzen der Mechanik in Widerspruch. Die die äußere Erdrinde zusammensetzenden Gesteine haben eine so geringe Standfestigkeit, daß bedeutende horizontale Bewegungen einer äußeren Erdhaut unabhängig vom Untergrunde ausgeschlossen sind. Mechanisch unmöglich ist auch die Bildung von liegenden Falten von mehr als 100 Kilometer Weite bei einer Schicht von höchstens einigen Kilometern Dicke, die nach Berechnungen eines Physikers zu Faltenwellen von nur 10 bis 20 Kilometer Breite ausreichen.

Eine weitere Schwierigkeit liegt bei den Gebirgen, die zum Teil als Bögen verlaufen, darin, daß man keinen Raum für die wieder auseinander gefalteten Decken behält, so bei den Karpathen und den Westalpen. Für letztere z. B. steht, ihre einheitliche und zentrifugale Bildung vorausgesetzt, nur die eingeschlossene Fläche der Poebene als Ursprungsland der Deckmassen zur Verfügung. Diese und andere Bedenken haben die Vorstellung von der Einheitlichkeit der Alpen im Sinne der klassischen Deckenlehre von *Termier* sehr ins Wanken gebracht. Der Geologe sieht sich vor die Entscheidung gestellt, entweder das gesamte Tatsachenmaterial, auf dem sich die Deckenlehre aufbaut, in Zweifel zu ziehen, oder aber unter weitgehender Anerkennung der Beobachtungen, die zur Deckenlehre geführt haben, diese zu einer anders gearteten Auffassung zu verwenden.

Dr. *Lachmann* hält den letzteren Weg für gangbar und möchte den metamorphen und kristallinen Gesteinsmassen, aus denen die eigentlichen Zentralalpen fast ausschließlich zusammengesetzt sind, eine entscheidende Rolle bei der Bildung der Alpen zumessen. Gesteinsbeobachtungen haben ergeben, daß in diesen Teilen der Alpen die Umgestaltungen und die kristalline Mobilität des Gefüges ganz überwiegend parallel verlaufen. Während man sonst wohl die Kristallinität eines Gesteins als Folge der Gebirgsbildung deutet, möchte *Lachmann* das Verhältnis umgekehrt auffassen und fragen, ob nicht der Zustand der Kristallinität die außerordentliche „Durchbewegtheit der Tektonite" ermöglicht hat. Und da die *Steinmann*sche Aufbruchszone in Graubünden, die Schieferhülle der Tauern und die Glanzschiefermassen von Wallis nichts anderes sind als vergrößerte derartige Tektonite, so kann man sagen, daß der Bau der Zentralalpen bedingt wurde durch den besonderen physikalischen Zustand der an ihrem Aufbau beteiligten Gesteinsmassen. Es läßt sich nämlich die Behauptung begründen, daß der Bau der inneren Alpen nur einen ausgeprägten Sonderfall jener besonderen Art von Raumausfüllung darstellt, die allen „*kristallokinetisch*" gewordenen Mineralmassen eigen ist, d. h. allen denen, die in Relativbewegung unter Lösungsumsatz begriffen sind.

So legen z. B. bei einem Gletscher, sobald er einen Querschnitt von sich einengen muß, die Eisschichten in so enge Schlingen, daß die wirkliche seitliche Zusammenpressung in gar keinem Verhältnis zu der erzielten scheinbaren linearen Verkürzung steht. Ein anderes Beispiel kristallokinetischer Raumerfüllung liefern die Salzlagerstätten. Ein geschichteter Salzkörper, der unter Lösungsumsatz in einem Salzstock auftreibt, zeigt weit ausholende Falten auch dort, wo das unlösliche Nebengestein keinerlei räumliche Horizontalbewegungen erkennen läßt. Es zeigt sich also, daß Eis- und Salzschichten die Fähigkeit

*) Die Naturwissenschaften, 1913, Heft 12.

zu einer beliebig weitgehenden Faltung und Durchmischung besitzen, sobald sie gezwungen sind, sich in einen neuen Raum zwischen indifferenten (unlöslichen) Körpern einzupassen. Es zeigt sich ferner, daß die typischen Faltungsbilder in den Zentralalpen, die einer mechanischen Deutung so große Schwierigkeiten bereiten, eine bis ins kleinste gehende Ähnlichkeit mit den Deformationserscheinungen in Eis und Salz aufzuweisen haben.

Dr. Lachmann hat diese Vorgänge in einer besonderen Arbeit (Zur Theorie der Kristallokinese, Die Naturwiss., 1913, Heft 27) näher erläutert. Danach sind die kristallinen Schiefer der Zentralalpen zum Teil sicher ursprünglich aus einzelnen Körnern zusammengesetzte Sedimente (Ablagerungen im Wasser) gewesen. Der Übergang in den Zustand der Kristallinität wird mit den veränderten physikalischen Umständen tiefer Erdversenkung erklärt, wobei ein allseitiger Druck von mehreren tausend Atmosphären und eine Temperatur von mehreren hundert Grad einwirkten, Umstände, unter denen nicht nur Kalk, sondern auch Silikate (Verbindungen der Kieselsäure) in der allgegenwärtigen Gebirgsfeuchtigkeit eine erhöhte Löslichkeit besitzen.

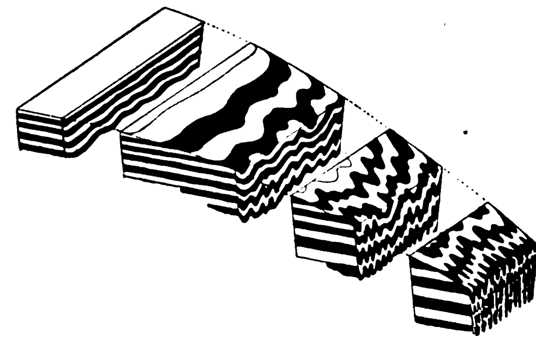
Der Normalfall in kristallinen Gesteinen ist nun der, daß bei der Deformation die Kristalle in ihrer Form erhalten bleiben, daß also Deformation und Kristallisation gleichzeitig statthat, oder daß sogar die Umkristallisation die tektonische Relativbewegung (Faltung, Überschiebung) noch überdauert. Diesen Normalfall einer Relativbewegung kristalliner Gesteinsmassen unter Lösungsumsatz bezeichnet also Dr. Lachmann als „Kristallokinese".

Ähnliche Verhältnisse wie bei den angeführten Beispielen vom Eis und Salz herrschen in der Zentralzone der Alpen. Mehrere Geologen haben Faltungserscheinungen an der Grenze verschiedengradig umkristallisierter Gesteinsmassen aus den Alpen zur Darstellung gebracht, aus denen sich entnehmen läßt, daß auch in den Alpen die Umformungen (Deformationen) nicht durch einen regionalen Faltungsdruck hervorgerufen sein können, sondern als eine Art von Diffusion (allmähliche Mischung) von Gesteinsmassen anzusehen sind, die sich in festem Zustand unter erhöhter Temperatur und Druck bei Lösungsumsatz kristallin bewegten.

Die kristallokinetische Unterströmung wird durch Störungen des isostatischen Gleichgewichtes im Untergrunde angeregt. Die Strömungsrichtung ergibt sich aus der relativen Höhenlage der Nachbarschaft des Störungsstreifens. Dadurch bildet sich Rückland und Vorland. Über den strömenden Untergrund muß sich infolge der Verzahnung der indifferenten und der beweglichen Zone die sedimentäre Hülle in Falten legen. Die Narbenfläche zwischen Rückland und der abtreibenden Faltenmasse wird durch Sedimentablagerung oder durch Aufdringen von Eruptivgestein, häufig durch beides, maskiert. Bei den meisten Gebirgen hat sich die Strömung innerhalb des kristallinen Sockels abgespielt. Die Besonderheit der alpinen Gebirge besteht in dem Hinaufgreifen der kristallokinetischen Zone in den Bereich der Sedimente.

Nach dieser Theorie liegen also die Südalpen auch heute noch an Ort und Stelle. Eine Einheitlichkeit bei der Entstehung der Alpen darf nicht mehr erwartet werden. Die so häufig ergebnislose Suche nach den „Wurzeln", d. h. nach den Ausgangspunkten der Deckfalten in den Alpen beruht auf einer falschen Fragestellung. Die gesamten Zentralalpen sind gleichzeitig Wurzel- und Deckenland. Als Sitz der Faltungskraft ist eine Zone von bis etwa 10 Kilometer unter der Erdoberfläche zu betrachten, in ihr ermöglicht die Belastungsmetamorphose die Entstehung kristallokinetischer Strömung. —

Eine gewaltige Schmarre im Antlitz der Erde bildet die Bruchzone, die den schwarzen Erdteil fast in seiner ganzen Länge durchzieht und, sich über Tausende von Kilometern erstreckend, vom Süden Afrikas ungefähr in der Richtung des 30. Grades östl. Länge bis nach Kleinasien reicht, wo sie sich in den jungen Ketten des taurischen Faltengebirges



Faltung im Oberfulzlochgletscher.*)

verliert. Die Entstehung und das Alter dieses Rätselgebildes im afrikanischen Kontinent zu enthüllen, wird, wie E. Krenkel**) in einer zum Teil auf eigener Anschauung beruhenden Arbeit betont, noch Aufgabe jahrelanger und angestrengter Forschertätigkeit sein.

Die afrikanische Bruchzone beginnt wohl schon in der Kapkolonie in der Form einfacher, nordsüdlicher weithin aushaltender Brüche, zu denen die von Molengraaf als „grande faille de l'Est" bezeichnete große Verwerfung gehört, die die alten Granite des Swazilandes abschneidet und neben sie einen Streifen jüngerer Karroosandsteine setzt. Während es sich hier nur um einfache Brüche handelt, begegnen uns Grabenbrüche kleineren Ausmaßes zuerst im Süden des Njassasees. Ein erster Großer Graben birgt den 530 Kilometer langen, aber recht schmalen Njassasee; seine Ränder werden meist aus Gneis und Granit gebildet; seine durch Brüche ausgeschnittenen Ufer sind besonders im Norden, am Livingstonegebirge, sehr steil und geradlinig, auf deutschem Gebiete ist kein Hafen zu finden. Die tektonischen Bewegungen, die den Njassagraben schufen, mögen hier in vertikaler Richtung sehr bedeutend gewesen sein, da der Abstand zwischen dem Gipfel des Livingstonegebirges und der Sohle des Sees etwa 2500 Meter beträgt. Gletscherwasser könnte eine derartige Hohlform niemals schaffen.

*) Nach Crammer in: Die Naturwissenschaften, 1913.

**) Die ostafrikanische Bruchzone. Naturwissenschaftl. Wochenschr. XII (1913), Nr. 2.

Nahe seinem Nordende wendet sich der See nach Nordwesten in eine dem Zuge des Roten Meeres entsprechende Richtung (sog. erythräische Richtung). Jenseit des Nordendes des Sees teilt sich der bis dahin einheitliche Graben in einen westlichen (Ruckwa-) und einen östlichen (Ruaha-) Graben. An der Gabelungsstelle dieser Gräben, einem Orte stärkster Zertrümmerung, sind vulkanische Massen emporgequollen, Basalte und Trachyte, eine Erscheinung, die fast überall da zu beobachten ist, wo sich mehrere Gräben und Bruchsysteme schneiden; sie haben das im Rungwevulkan (3175 Meter) gipfelnde Vulkanland von Konde aufgebaut.

An den Njassagraben schließt sich in gewissem Sinne der des Tanganjika an, der in einer Länge von 650 Kilometern den gleichnamigen See birgt. Ein direkter Zusammenhang zwischen den beiden ist nicht nachgewiesen, vielmehr scheint der verhältnismäßig junge Tanganjikaeinbruch ein nordwärts verschobener, aber selbständig entstandener Parallelgraben zum Njassa zu sein, der dessen Verlängerung im Ruckwagraben durchschneidet. Der Tanjanjika gehört bereits dem zentralafrikanischen Graben an, der im ganzen einen leicht nach Westen gekrümmten Bogen beschreibt und weiter nordwärts durch die Lage des Kiwusees bezeichnet wird. Der Graben steigt nach Norden beträchtlich an, seine Sohle wechselt in den einzelnen Abschnitten überall rasch und stark in ihrer Höhenlage. Im Bereich des Kiwusees laufen die beiden Grabenränder deutlich ausgeprägt mit steilen Wänden und immer höher ansteigenden Bergkulissen weiter; im Osten auf deutschem Gebiete erheben sie sich bis zu 2800 Meter. Im Nordosten des Sees weicht aber der Ostrand plötzlich halbkreisförmig zurück, und hier, wohl auf einem Einbruchsfeld, liegen die neuerdings mehrfach besuchten Kirungavulkane. Ihre Westgruppe, die beiden noch tätigen Essen Niragongo und Namlagira, ist ein gutes Beispiel dafür, daß entgegen der älteren Annahme Vulkane auch im Innern der Kontinente, weitab von der Meeresküste, bestehen können, wenn nur gewisse tektonische Vorbedingungen erfüllt sind.

Nördlich von den Kirungavulkanen nimmt der zentralafrikanische Graben seine gewöhnliche Gestalt, die eines schmalen Senkungsfeldes, wieder an. Nahe am Äquator birgt er den Albert-Eduardsee, der von dem höchsten nichtvulkanischen Berge Afrikas, dem 5064 Meter hohen Runsoro, überragt wird. Er wurde lange für einen Vulkan gehalten, ist aber eine 80 Kilometer lange gehobene Scholle aus kristallinen Gesteinen am Ostrande des Grabens. Der Graben umschließt weiterhin noch den Albertsee und findet an den Murchisonfällen des Nils sein Ende. Die letzten Strecken seines Verlaufes sind noch wenig erforscht. Im Osten des zentralafrikanischen Grabens liegt das mächtige Becken des Viktoriasees, ein riesiges Bruchfeld, in dem mehrere sich kreuzende Brüche aufeinander treffen, die Hebungen und Senkungen einzelner Schollen verursacht haben.

Gleich dem zentralafrikanischen nimmt auch der ostafrikanische Graben im weitesten Sinne seinen Anfang an der erwähnten Gabelungsstelle am Nordende des Njassasees. Der 75 Kilometer breite Ruahagraben streicht 300 Kilometer nordöstlich, entzieht sich aber in der Nähe des Ruahaflusses in dem welligen Bergland des „ostafrikanischen Randgebirges" völlig der weiteren Beobachtung. Vom Ruaha nordwärts ist von einem zweiseitigen Graben nichts bekannt; am 6. Grade südl. Breite beginnt die sogenannte ostafrikanische Bruchstufe, deshalb so benannt, weil ihr der zu einem Graben erforderliche östliche Gegenflügel zu fehlen scheint. Sie schneidet mehrere kleine, nordöstlich streichende Gräben, wie den Hohenlohe- und den Njarasograben, ab, die jedoch älter sind als die Bruchstufe. An diesem Schnittpunkte erhebt sich das mächtige vulkanische Wintergebirge mit dem Riesenkrater Ngorongoro; andere große Vulkane liegen am Fuße der Bruchstufe. Es ist ein Land reicher und junger vulkanischer Tätigkeit, in dem vulkanische und tektonische (im Untergrund und Gebirgsbau begründete) Veränderungen Hand in Hand gehen.

In der Breite des nach seinen reichen Natronlagern benannten Natron- oder Magadsees, am 3. Grad südl. Breite, verläuft die ostafrikanische Bruchstufe in den nun wieder deutlich zweiseitig ausgebildeten, eigentlichen „Großen ostafrikanischen Graben", der im Gegensatz zur Bruchstufe den nordsüdlichen Verlauf ziemlich ständig beibehält. Mit steilen östlichen und westlichen Bruchrändern zieht er sich bis an das Ende des Rudolfsees, also über 8 Grade, hin, wobei noch seine Fortsetzung nach Abessinien hinein außer acht bleibt. Auf britischem Gebiete erlangt er eine bedeutsame Einheitlichkeit und Enge, so daß wirklich der Eindruck einer schmalen, von steilen Bruchrändern flankierten Einsenkung hervorgerufen wird. In vier geologisch gut unterschiedenen Landschaften steigt das Gebiet von der Küste bis zum Grabenrande an, wie bei einer Fahrt auf der Ugandabahn landeinwärts gut beobachtet werden kann. Auf den ebenen, von Mangrovedickichten besetzten und von Kokospalmen bestandenen Küstenstreifen folgt ein Stufenland, das sich überwiegend aus mesozoischen Gesteinen, aus Kreide und Jura, zusammensetzt. Auf die ältesten sedimentären Schichten folgt das Gneishochland als dritte natürliche Landschaft Ostafrikas, und auf dieses alte kristalline Grundgebirge — Krenkel nennt es die „Africiden" — ist nun, etwa 400 Kilometer von der Küste entfernt, eine recht junge vulkanische Landschaft aufgesetzt. Sie läßt sich in die Lavahochländer und in die Zone des Großen afrikanischen Grabens gliedern, die beide ihrer Entstehung nach ein großes Ganzes bilden.

Die Lavahochländer liegen in Höhen von 1500 bis 2000 Metern und bedecken Tausende von Quadratmeilen. Sie ziehen sich vom englischen ins deutsche Gebiet hinüber zu den westlich vom Kilimandjaro beginnenden Lavadecken. Die gewaltige Ausdehnung dieser Lavamassen, ihre gleichmäßige, wenig gegliederte Oberfläche, das Fehlen größerer Vulkane spricht dafür, daß es sich hier um Deckenergüsse handelt, deren Lava in Spalten emporgedrungen ist. Am weitesten verbreitet sind Phonolithe und Trachyte, weniger Nephelinite und Plagioklasbasalte.



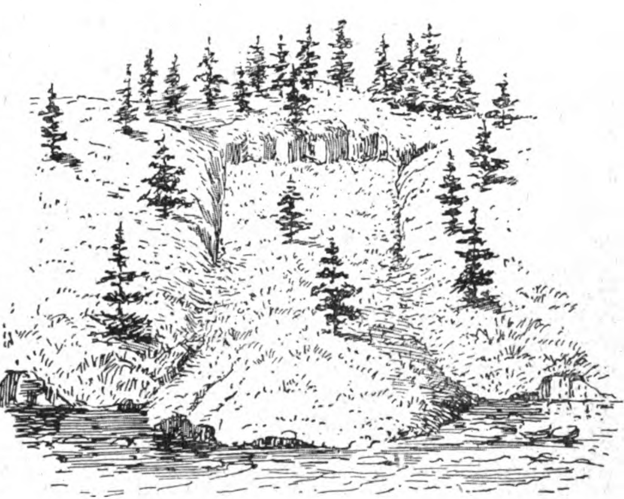
In die Lavahochländer ist nun der „Große Graben" eingesenkt, der also hier jünger ist als erstere. Nähern wir uns seinem Ostrande, so finden wir das bisher fast ebene Land gebirgiger und von kleinen Tälern durchschnitten, Zeugen der stärkeren Niederschläge, für die auch der zunehmende Reichtum an hochstämmigem Wald spricht. Langsam steigt das Land an. Bei 2400 Meter Meereshöhe ist der Abfall des Ostrandes erreicht. Mit einem Schlage öffnet sich uns eines der interessantesten geologischen und der schönsten landschaftlichen Bilder. Steil fällt mehrere hundert Meter die Wand des Grabens ab, wenn auch nicht in einem jähen Absturz. Unter uns dehnt sich die Sohle des Grabens, im Gegensatz zu den immergrünen Wäldern des Absturzes in den gelben, hellen Farben der Steppe; auf ihr hohe Vulkane, die sich wohl erst nach der Einsenkung des Grabens aufgetürmt haben, so jung und unberührt sind ihre Formen. Jenseit der etwa 30 Kilometer breiten Grabensohle strebt, in der durchsichtigen Steppenluft greifbar nahe, die Westwand in gleicher Steilheit empor. Der Graben der Oberrheinischen Tiefebene bildet ein Seitenstück zum Großen Graben; aber seine Ränder sind bereits wieder abgerundet und von Schuttmassen umhüllt, nirgends lassen sich die tektonischen Linien, die den Rheingraben schufen, mehr mit Augen fassen. Hier dagegen ist die Landschaft in unverhüllter Schärfe von wagrechten Linien und senkrechten Flächen beherrscht, denen man es ansieht, daß an ihnen gewaltsame Bewegungen die Erdrinde zerrissen, zertrümmert haben müssen.

Der Bau der Landschaft beiderseits beweist, daß eine zwiefache Bewegung den Graben geschaffen hat: ein schmales Stück, die Sohle, sank an Brüchen tiefer ein, während ihre Nachbarstücke, die heutigen Grabenränder, emporgetrieben und schief gestellt wurden. Die die Einsenkungen begleitenden Brüche sind Zerreißungsspalten. Die Grabenränder fallen nicht in einer Flucht zur Sohle ab, sondern dem äußersten Bruch sind Staffeln vorgelegt, die meist nur geringe Länge haben und durch Querbrüche abgeschnitten werden. Ihre Oberfläche trägt kleine, selbständige Plateaus.

Ebene Strecken gehören auf der Grabensohle zu den Seltenheiten und stellen meist ausgetrockneten alten Seeboden dar; denn das Grabengebiet befindet sich in einer Austrocknungsperiode. Es ist aber noch nicht zur Ruhe gekommen. Die nicht seltenen Erdbeben deuten auf noch fortdauernde Bewegungen hin, die jedoch sehr langsam vor sich gehen.

Die Frage, in welcher Zeit der Große Graben einsank und die mächtigen Lavamassen empordrangen, läßt sich kaum befriedigend beantworten. Nach Krenkels Ansicht begannen hier die großen Umwälzungen wahrscheinlich im Tertiär, und zwar im jüngeren; dafür sprechen neben anderen Gründen die geringe Verwitterung und Frische der Brüche, die das Gebiet durchsetzen. In drei Perioden mag sich die Landschaft gestaltet haben. Zuerst wurden die Lavahochländer aufgebaut durch Deckenergüsse, die an weitverzweigten Spalten empordrangen. Diese Spalten sind vielleicht eine Folge der seit dem mittleren Mesozoikum einsetzenden und immer weiter nach dem Innern vordringenden Auflösung des einst Afrika, Indien und Madagaskar umfassenden Gondwanalandes. In der zweiten Periode folgte das Einsinken des Grabens in die Lavahochländer längs nordsüdlich gerichteten Verwerfungen in äußerst langsamer, vielleicht heute noch andauernder Bewegung. Eine dritte Periode schuf die Vulkane, die sich auf der Sohle des Grabens in recht beträchtlicher Anzahl finden.

Die tiefste Frage des ganzen Problems: was ist die Ursache dieser gewaltigen Brüche, dieser Lavaeruptionen? läßt sich heute kaum nach jeder Richtung beantworten. Nicht die Zusammenziehung der Erde, sondern horizontale Verschiebungen von Erdkrustenstücken dürften hiebei eine wesentliche Rolle gespielt haben.



Abgerutschte Scholle im Tertiär bei Akol in Gajo Luos.*)

Einen besonders für die heißen Klimate wichtigen geologischen Faktor hat Prof. Dr. W. Volz in den Bodenversetzungen in den Tropen erkannt**). Sie gehören neben der Bodenbewegung (Bodenfluß) zu der Abtragung durch Schwerkraft, einer der Kräfte, die neben Wärme und Wasser an der Zerstörung der Formen der Erdoberfläche arbeiten. Während wir aber über den Bodenfluß in arktischen Breiten gut orientiert sind und auch über Bodenbewegungen in den gemäßigten Zonen mannigfache Untersuchungen gemacht sind, sind unsere Kenntnisse über die Tropen nach dieser Richtung noch recht gering. Und gerade in den feuchten Tropengebieten sollte allenthalben dort, wo lockere Massen, durchfeuchtet, steilere Gehänge bedecken, die Bodenversetzung eine wichtige Rolle spielen. Daß dies der Fall ist, hat den Verfasser langjährige Beobachtung gelehrt, besonders während seiner Reisen auf Sumatra (siehe Jahrb. der Weltreisen, XII., S. 159).

*) Aus: Volz W., Nord-Sumatra. Verlag von D. Reimer (Ernst Vohsen), Berlin.

**) Zeitschr. d. Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin, 1913, Nr. 2.

Allerdings wird die Beobachtung in hohem Maße durch die dichte Vegetation erschwert, wie ja zweifellos diese Art der Bodenbewegung selbst durch die unendlich dichte Pflanzendecke vielfach behindert wird. Die oberen Bodenschichten werden eben von einem dichtverfilzten Wurzelwerk durchsetzt und gehalten. Gering an Zahl und Ausdehnung sind die vegetationsfreien Flächen, Felswände und jähe Abbrüche, die zu steil sind, um Vegetation Fuß fassen zu lassen, die Hochwasserbetten der Gebirgsflüsse, bei denen jede zur Ansiedlung bereite Pflanze durch das nächste Hochwasser sofort wieder mitgerissen wird, und schließlich die hohen Gipfel von Vulkanen, sofern sie tätig oder im Solfatarenzustand sind, so daß die Schwefeldämpfe die Vegetation ersticken; das ist aber von allen Vulkanen nur ein kleiner Teil.

Bei seinen Forschungen in Nordsumatra hatte Prof. Volz Gelegenheit, nicht nur die großen, mehr ins Auge fallenden erdrutschartigen Erscheinungen zu studieren, sondern auch die kleinliche, weniger ins Auge fallende Bodenversetzung, deren Rolle jedoch überaus bedeutend ist. Echten Bodenfluß konnte er z. B. in prächtiger Deutlichkeit auf dem Gipfel des Merapi im Padanger Hochland beobachten. Neben dem alten hat sich hier ein junger, noch heute tätiger Krater gebildet, in dessen Nähe die Schwefeldämpfe eine zu rasche und zu üppige Ausbreitung des Pflanzenkleides hindern. Zwischen Krüppelgesträuch lugt der aus lockeren Massen aufgeschüttete Boden allenthalben, unbedeckt, in großer Ausdehnung hervor. Auf den benachbarten Teilen des alten Kegels liegt der Boden unbehindert und frei zu Tage.

Aus der Anordnung des gröberen Blockwerkes und der auf dem Nordrand des Kraters stehenden Büsche zu mehr oder minder auffallenden unregelmäßigen Streifen und Reihen erkennt man deutlich den Bodenfluß. Der Grund des Fließens ist in beiden Fällen der gleiche: lockere Massen vulkanischer Asche und Auswürflinge setzen lagenweise den vulkanischen Kegel zusammen, durch überaus reiche Regenfälle wird der Boden durchfeuchtet und kommt nun, bei der beträchtlichen Steilheit der Gehänge, in sanften Fluß. So werden die Geröllstreifen und die reihenweise Anordnung der lichten Büsche nebst dem auffallenden Ausgleich aller Unebenheiten des Hanges bewirkt.

Außer derartigen, zum Teil überaus deutlichen Beobachtungen über Bodenfluß im Gebiete der kahlen vulkanischen Hochgipfel hat Prof. Volz eine andere Reihe von Beobachtungen an Grashängen gemacht. So an der Nordküste von Groß-Atjeh, einem zumeist dürftigen, unfruchtbaren und daher sehr schwach besiedelten Steppenlande, das, von niedrigen Hügeln durchsetzt, von der Küste binnenwärts flach gewellt ansteigt. Während die Täler der Flüsse und größeren Bäche großenteils von Urwald erfüllt sind, bedeckt kahle, sonnenverbrannte Steppe die Höhen. Die Hänge der vielen kleinen Kuppen und Grate, die alle ziemlich steilwandig zu Tal gehen, steigen in zahllosen Systemen ganz kleiner Stufen an, die oft nur handbreit, unregelmäßig und ohne Ordnung, aber leidlich eben längs des Hanges laufen und wie lauter schmale Pfade aussehen. Die Eingeborenen erklären sie für Wildpfade, was sie bei der großen Wild- und Vieharmut des Landes nicht sein können. Prof. Volz ist nach langer Überlegung dazu gekommen, in ihnen Bodenversetzungen zu sehen. Die Verwitterungsdecke, von reichlichem Regen durchfeuchtet, gerät in Bewegung, die durch den starken Gehängewinkel hervorgerufene Spannung findet ihre Auslösung in der Bildung dieser Stufen. Es ist kein eigentlicher Abrutsch, sondern mehr eine Wulstbildung oder ein lokales Sacken, weshalb bei diesen Stufen auch die kleinen Abbruchwände fehlen. Vielleicht begünstigt ein rascher Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung den Vorgang.

Urwald wie überhaupt dichte Vegetation entziehen diese kleinlichen Vorgänge, die so wenig auffallen, dem beobachtenden Auge ganz. Dennoch ist das Phänomen weit verbreitet, es scheint nach Prof. Volz nicht nur in den verschiedenen Landschaften Nordsumatras, sondern in ganz Indonesien stattzufinden, und zwar auf gewisse Böden beschränkt, lockere, poröse Böden, wie sie sich aus Verwitterung von Sandsteinen, Schottern und ähnlichen Massen ergeben.

Durch die Bodenversetzung findet eine Verlagerung der durch Zersetzung und Verwitterung hervorgebrachten und vorbereiteten Bodenmassen nach unten hin statt; ständig wird neues Material der Weiterverarbeitung und Fortführung durch das fließende Wasser zugeführt. In diesem Hand in Hand-Arbeiten der Bodenversetzung mit dem fließenden Wasser spricht sich die erhöhte Bedeutung dieses geologischen Faktors aus.

Von größter Bedeutung für die Formgestaltung des Gebirges sind die Abbrüche und Erdrutsche kleinsten und größten Maßstabes, schon dadurch, daß sie bei der energischen Abtragung die Schroffheit der Formen immer wieder regenerieren: chemische und mechanische Erosion, vor allem auch die Abspülung durch das Regenwasser, haben das ausgesprochene Streben, alle Formen abzurunden, zu verflachen; aber solange Erdrutsche arbeiten, bleibt das Gehänge steil, und vielfach gehen alle Hänge allmählich Stück für Stück zu Tal.

So werden diese Abrutsche ein Charakterzug der Landschaft. Treten sie in großem Maßstabe auf, so können sie einen Hang staffelförmig gliedern und dadurch im bewaldeten Flußtal den Eindruck zahlreicher niedriger, übereinander gelagerter Terrassensysteme hervorrufen. Hand in Hand mit solchen Rutschungen geht dann vielfach die Wirksamkeit der Flußerosion: Schollen rutschen in den Fluß, drängen ihn beiseit oder stauen ihn auf, und die reißenden Stromwässer gehen mit Macht daran, das wegsperrende Material möglichst schnell hinwegzuräumen.

Wir sehen also in der Bodenversetzung und anderen Erscheinungen gleicher Art in den Tropen einen Faktor an der Abtragung energisch arbeiten, der in gemäßigteren Breiten nur sehr geringfügige Wirksamkeit entfaltet. Indem Prof. Volz die einzelnen Momente, welche in feuchten Tropengebieten an der Abtragung arbeiten, kurz zusammenfaßt, nennt er als wichtigstes die hohe Temperatur. Man hat im tropischen Hochgebirge damit zu



rechnen, daß reichlich mindestens das Doppelte unserer Wärme jahraus, jahrein mit geringen Schwankungen zur Verfügung steht. So ist, selbst wenn man von der in den Tropen erheblich stärkeren Besonnung ganz absieht, zu erwarten, daß die chemischen Kräfte, die in den Tropen an der Zersetzung der Gesteine arbeiten, infolge ihrer großen Intensität und der bedeutend größeren Wasserwärme eine sehr viel größere Arbeit in Lösung und Zersetzung direkt und indirekt leisten als in gemäßigten Breiten. Die chemische Arbeit besteht nicht nur in Lösung von Material und Anreicherung des Wassers mit gelösten Bestandteilen verschiedenster Art, sondern auch — und vielleicht in höherem Maße, in der Zersetzung des anstehenden Gesteins und damit in der Auflösung seines Gefüges und der Vorbereitung zur Zerstörung und Abtragung durch andere Wirkungsmittel.

Von diesen ist in erster Linie das W a s s e r zu nennen; soweit es im Boden rinnt, ist es der Hauptträger der chemischen Arbeit. Für die mechanische Arbeit kommt es nach doppelter Hinsicht zur Geltung: als Regen und als fließendes Wasser. Die ungeheuren Wassermengen, die ein tropischer Regen in kürzester Zeit zu Boden bringt, sind im stande, dem lockeren und tiefgründig verwitterten Tropenboden eine Menge des feinsten Materials zu entreißen, selbst dem vielfach kahlen Urwaldboden. So nehmen Regenbodenfluten, die sog. „Schichtflut“, durch die Masse des beigemengten feinen Materials die Farbe, ja oft die Dicke einer Erbssuppe an, und durch die „Flächenspülung“ des Regens wird eine beträchtliche Menge feinsten Materials dem Gebirge in seiner ganzen Ausdehnung, soweit der Regen fällt, entführt und von diesen gelegentlichen Regenfluten den ständig fließenden Gewässern überliefert.

Bei den ungeheuren Niederschlägen und den Wassermassen, die sie den Bächen und Flüssen ständig zuführen, ist die Rolle der E r o s i o n d e s f l i e ß e n d e n W a s s e r s natürlich ungeheuer. Sie wird durch die Unregelmäßigkeit der Wasserführung noch erhöht; wolkenbruchartig stürzen gewaltige Regenmassen vom Himmel, die Flüsse schwellen in wenigen Stunden auf das vielfache an, die Wassermengen stürzen reißend zu Tal mit Hochwasser, das stark erhöhter Arbeit fähig ist.

Weiter kommt als abtragendes Mittel von beträchtlicher Bedeutung die oben geschilderte B o d e n v e r s e t z u n g in jeglicher Gestalt hinzu. Sie ist so kräftig, weil durch die gewaltige chemische und mechanische Zerstörung des Gesteinsgefüges eine so tiefgründige Verwitterungsdecke geschaffen wird, und weil diese infolge der hohen Niederschläge energisch durchfeuchtet wird. Der Grad der Durchfeuchtung wechselt schnell und stark, da ja die Niederschläge in Form kurzer, wolkenbruchartiger Platzregen erfolgen. So wird die Bodenversetzung ein morphologischer Faktor von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Alle diese Abtragungsmittel erzeugen durch gemeinsame Arbeit B o d e n f o r m e n, die höchst charakteristisch sind. Durch die intensive Abtragung sind die Formen steil, dabei aber gerundet, weil die starke Zersetzung alle Ecken und Kanten überaus schnell beseitigt. Auch bei uns bilden sich schroffe Wände, aber sie tragen Zacken, Zinnen, Türme, malerisch und grotesk, während diese Formen in den Tropen durch zwar steile, aber gerundete Köpfe und Buckel ersetzt sind.



Erdrutsch bei Pernantin.*)

Schneller und auch mannigfaltiger arbeitet die Abtragung in den Tropen als bei uns. Der Erfolg springt bei Betrachtung geologischer Karten, z. B. der von Sumatra, in die Augen. Die breite Küstenniederung, welche die Ostküste Sumatras bildet und von 50 Kilometer im Norden auf mehr als 250 in der Mitte und im Süden anwächst, ist aufgebaut aus den Schlamm- und Sedimentmassen, welche die Flüsse seit dem frühen Diluvium dem Gebirge entführt haben. Abgelagert und verfestigt sind diese Massen durch die breiten Mangrovengürtel, welche die Küste säumen. Viel Material mag dabei auf den Grund des Meeres nördlich von Sumatra gelangt sein. Das Material stammt alles nur von dem nach Osten entwässernden Teil des Sumatraner Hochgebirges. Die Flußsysteme der Westseite ergießen sich direkt in den Indischen Ozean, ihm führen sie auch ihre Sedimentmassen zu; aber eine jahraus, jahrein gegen diese Küste stehende starke Dünung führt das meiste Sediment hier weit von dannen, und nur in günstigen Lagen haben sich an der Westküste eine Reihe breiter Ebenen gebildet.

*) Aus: Volz W., Nord-Sumatra. Verlag von D. Reimer (Ernst Vohsen), Berlin.

Ähnlich liegen die Verhältnisse auch auf Java. Ähnlich müssen sie auch in tertiärer Zeit gewesen sein; sind doch die tertiären Ablagerungen, die zu einem großen Teil aus sehr feinem Material bestehen, in Sumatra wie auch auf Java und Borneo usw. viele Tausende von Metern mächtig.

Die Agentien aber — so schließt Prof. Volz —, welche in verschiedener Stärke, aber alle bedeutungsvoll, sich mittelbar und unmittelbar in die Hände arbeitend das Werk der Abtragung in den feuchten Tropengebieten verrichten, sind das Kleeblatt: die chemisch wirksame Wärme, die Flächenspülung des Regens und die Erosion des fließenden Wassers und — last not least — die Bodenversetzung.

Die geologischen Zeiträume.

Ganz gewaltig sind noch die Unterschiede zwischen den Angaben der Geologen über die Dauer der einzelnen geologischen Zeitalter und ihrem zeitlichen Abstand von der Gegenwart. Wo die einen Millionen oder das Zehnfache von Millionen Jahren ansetzen, glauben andere des Hundertfachen dieser Zahlenwerte zu bedürfen. Am meisten Übereinstimmung herrscht noch hinsichtlich der letzten zwölf- bis zwanzigtausend Jahre, der ungefähren Dauer der Nacheiszeit. Um die Feststellung dieser Periode auf Grund geologischer Jahresschichtenzählung hat sich der schwedische Geologe Gerard de Geer in mehr als dreißigjähriger Arbeit verdient gemacht.*) Als Grundlage für diese Chronologie sind gewisse periodisch geschichtete Sedimente der Spät- und Nacheiszeit, in denen der Absatz eines jeden einzelnen Jahres unterscheidbar ist, benutzt worden. Längs einer etwa 800 Kilometer langen Linie, die vom äußersten Süden nach dem zentralen Teile Schwedens reicht, wurden an einer großen Anzahl von Punkten die Jahresschichten mit regelmäßigen Zwischenräumen gezählt und Schritt für Schritt zusammengestellt. So ist es nicht nur möglich gewesen, die Zeit zu bestimmen, die der Rand des Inlandeises gebraucht hat, um über diese Strecke zurückzuweichen, sondern auch die Dauer der Nacheiszeit zu schätzen, die seit dem Rückgang des Eises bis auf unsere Tage verstrichen ist.

Es wurde zunächst mit großer Gewissenhaftigkeit festgestellt, daß die Schichten gewisser spätglazialer Sedimente in weiter Ausdehnung, sowohl durch Farbe wie durch Aufbau kenntlich, einen engen Zusammenhang zwischen der periodischen Schichtung des Tons und dem jährlichen Rückgang des Inlandeises verraten. Der Plan der gesamten Untersuchungen gründete sich auf die folgenden natürlichen Bedingungen:

Beim Rückzug des letzten Inlandeises aus Schweden lagen die tieferen Teile des Landes noch unter dem Meeresspiegel. Das alljährlich während des Sommers auf der Eisoberfläche entstandene Schmelzwasser drang durch Spalten und Schründe in die Tiefe und floß am Grunde des Eises entlang. Hier konnte es bei großer Geschwindigkeit unter starkem Druck beträchtliche Mengen Moränenmaterial mit sich fortreißen, das zu wassergerollten Sedimenten verarbeitet wurde. Wo diese Schmelzwasserströme am Steilrand des Inlandeises das ruhende Wasser des Meeres erreichten, ließen Geschwindigkeit und Transportfähigkeit des Wassers nach. Infolgedessen wurden die großen Gerölle und das gröbste Material an der innersten, proximalen Seite der Gletscherhöhle abgelagert, weiter draußen kleinere Steine und Kiese und schließlich am vordersten, distalen Ende solch eines randlichen Gletscherbachdeltas fast nur noch Sande. Noch weiter draußen im Meere, außerhalb des Eisrandes, schalten sich zwischen den immer dünner und feiner werdenden Sand Tonlagen ein, die schließlich vorherrschen und sandfrei werden. Jeder sommerliche Rückzug des Gletschers führte zur Bildung eines solchen Fächers von Geröll, Sand und Ton, und die ganze Reihe dieser Fächer liegt dachziegelartig übereinander. Da der Rückzug des Eises sich meist sehr regelmäßig gestaltete, so ordneten die Fächergriffe sich allmählich in einem Rücken an, wodurch die Oser entstanden; ihre periodische Struktur ist später oft durch die einebnende Wirkung des Wellenschlages während der letzten Landhebung mehr oder weniger verhüllt worden.

Das wertvollste Hilfsmittel für die chronologischen Untersuchungen liefert der feine, tonige Absatz, der sich außerhalb der Eisbedeckung niederschlug. Die Messungen, auf deren Technik hier nicht näher eingegangen werden soll, ergaben, daß im Süden das Eis verhältnismäßig langsam zurückgewichen ist, in Schonen und Bleking nur einige 50 Meter im Jahre, weiter nördlich ungefähr 100 Meter und zum Teile noch etwas mehr, was beweist, daß die dem Süden Schwedens entsprechende gotiglaziale Epoche noch immer verhältnismäßig kalt war. Die großen fennoskandischen Moränen weisen auf eine deutliche Verschlechterung des Klimas hin, die ausreichte, um den Eisrand während einiger Jahrhunderte in seinem Rückzuge aufzuhalten oder sogar wieder vorrücken zu lassen. Nach dieser Zeit aber setzte sich der Rückzug mit großer Regelmäßigkeit weiter fort, indem der Eisrand jährlich um 100—300 Kilometer zurückwich.

Die ganze gotiglaziale Epoche, die Zeit, während das Eis von Zentralschonen über das alte Gotia bis zu den fennoskandischen Moränen zurückging, beträgt auf Grund dieser Untersuchungen nicht mehr als 3000 Jahre. Das Ende der letzten Eiszeit oder der finiglaziale Unterabschnitt kann auf nahezu 2000 Jahre geschätzt werden. Demnach haben die beiden letzten Unterabschnitte der letzten Rückzugsperiode des Eises, die gotiglaziale und die finiglaziale, zusammen etwa 5000 Jahre erreicht.

Da die nacheiszeitlichen Tone Südschwedens keine Jahresschichtung zeigen, konnten sie für die Zeitberechnung nicht in Betracht kommen. Dagegen zeigten die entsprechenden Ablagerungen des Sees Ragunda, der im Jahre 1796 völlig trockengelegt worden war, über dem Moränengrund ausgezeichnete Schichtung. Ungefähr 400 spätglaziale Tonlagen wurden überlagert von etwa 700 Lagen eines schwarzgebänderten nacheiszeitlichen Fjordtones. Dieser Ton ging nach oben in scharf begrenzte Jahreslagen von abwechselnd feinem, sandigem

*) Geol. Rundschau, 1912. Ref. in Naturwissensch. Wochenschrift, 1913, Nr. 25.

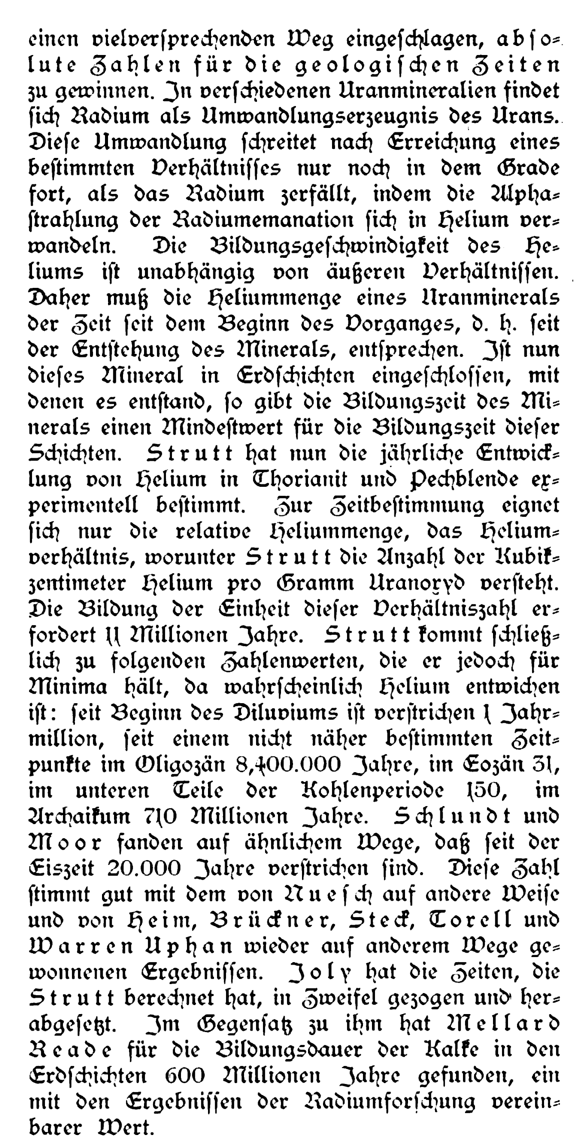


Sediment und Schlamm über, die zweifellos größtenteils in dem Becken des alten Ragundasees abgesetzt worden waren, und zwar von der Zeit an, als sein durch ein Os abgedämmter Ausfluß über das Niveau des Fjords gehoben worden war, bis zum Jahre 1796, wo der Osdamm künstlich durchschnitten und der See völlig trockengelegt wurde. Hiedurch wurde ein einzigartiges Profil zugänglich gemacht, das wahrscheinlich die ganze Epoche der Eiszeit umfaßt. Über den im ganzen 6 Meter mächtigen spätglazialen Schichten standen die postglazialen Ablagerungen in einer Gesamtmächtigkeit von 13 Meter und völlig ungestörter Lagerung an. Die Untersuchung ergab, daß zur Entstehung der ganzen postglazialen Schichtenreihe etwa 7000 Jahre nötig gewesen sind. Es hat also dieser Weg der Ausmessung zu einer genauen Geochronologie für die spätquartäre Zeit (spätglazial und postglazial), d. h. für die letzten 12.000 Jahre, geführt, wenn auch die Ausmessung einer zweiten Linie durch Ausscheidung lokaler Einflüsse hie und da vielleicht noch kleine Abänderungen herbeiführen wird.

Aber welche geringe, geradezu winzige Spanne Zeit umfassen die hier ausgemessenen Schichten im Vergleich zu denen, die vom Archaikum bis zur Eiszeit entstanden sind, und wieviel schwieriger ist deren zeitliche Bemessung! In einer Abhandlung über die geologischen Zeiträume macht Professor Dr. V. Hilber*) darauf aufmerksam, wie unsicher die Grundlagen aller Berechnungen dieser Zeiträume sind. Nur die Größe der Maßeinheit, die man anlegen müßte, läßt sich aus allen Bemühungen zur Berechnung ahnen. Seit fünf Jahrtausenden stehen die Pyramiden, leben die heutigen Menschenrassen und Tierarten, rinnen Euphrat und Tigris. Als Maßeinheit für die Verwandlung von Land in Meer, für die Bildung von neuen Tier- und Pflanzenarten und die Entstehung großer Täler sind 5000 Jahre zu kurz. Auf mehrere hundert Meter hohen Hügeln liegen spättertiäre Flußschotter mit lauter ausgestorbenen Säugetierresten: diese Flußtäler sind seitdem zu Bergen geworden, und während dieses Vorganges sind die Säugetiere ausgestorben und neue an ihre Stelle getreten. Dazu war ein Vielfaches jener fünftausend Jahre nötig und doch sind diese Vorgänge geologisch jung, sie gehören an den Schluß der Tertiärzeit, noch vor das Erscheinen des Menschen. Und je weiter wir in der Erdgeschichte zurückgehen und dabei den aufwärts gerichteten Strom des Lebens, der schon zur Bildungszeit der archäischen Schiefergesteine gesprudelt haben muß, beachten, desto riesiger erscheinen uns die dabei abgelaufenen Zeiträume.

Die angedeuteten Vorgänge: Entstehung neuer Arten im Tier- und Pflanzenreiche, Umsetzung der Meere, Bildung von Gebirgen und Talsystemen gehen nach der von Lyell begründeten Aktualitätslehre jetzt noch vor sich, aber so langsam, daß 5000 Jahre unbemerkbar sind. Daß wir die seit Entstehung des Lebens abgelaufenen Zeiten nach Zehnern von Millionen schätzen müssen, darin stimmen die bisherigen Zeitberechnungsversuche überein.

Amerikanische und englische Forscher haben



einen vielversprechenden Weg eingeschlagen, absolute Zahlen für die geologischen Zeiten zu gewinnen. In verschiedenen Uranmineralien findet sich Radium als Umwandlungserzeugnis des Urans. Diese Umwandlung schreitet nach Erreichung eines bestimmten Verhältnisses nur noch in dem Grade fort, als das Radium zerfällt, indem die Alphastrahlung der Radiumemanation sich in Helium verwandeln. Die Bildungsgeschwindigkeit des Heliums ist unabhängig von äußeren Verhältnissen. Daher muß die Heliummenge eines Uranminerals der Zeit seit dem Beginn des Vorganges, d. h. seit der Entstehung des Minerals, entsprechen. Ist nun dieses Mineral in Erdschichten eingeschlossen, mit denen es entstand, so gibt die Bildungszeit des Minerals einen Mindestwert für die Bildungszeit dieser Schichten. Strutt hat nun die jährliche Entwicklung von Helium in Thorianit und Pechblende experimentell bestimmt. Zur Zeitbestimmung eignet sich nur die relative Heliummenge, das Heliumverhältnis, worunter Strutt die Anzahl der Kubikzentimeter Helium pro Gramm Uranoxyd versteht. Die Bildung der Einheit dieser Verhältniszahl erfordert 11 Millionen Jahre. Strutt kommt schließlich zu folgenden Zahlenwerten, die er jedoch für Minima hält, da wahrscheinlich Helium entwichen ist: seit Beginn des Diluviums ist verstrichen 1 Jahrmillion, seit einem nicht näher bestimmten Zeitpunkte im Oligozän 8,400.000 Jahre, im Eozän 31, im unteren Teile der Kohlenperiode 150, im Archaikum 710 Millionen Jahre. Schlundt und Moor fanden auf ähnlichem Wege, daß seit der Eiszeit 20.000 Jahre verstrichen sind. Diese Zahl stimmt gut mit dem von Nuesch auf andere Weise und von Heim, Brückner, Steck, Torell und Warren Uphan wieder auf anderem Wege gewonnenen Ergebnissen. Joly hat die Zeiten, die Strutt berechnet hat, in Zweifel gezogen und herabgesetzt. Im Gegensatz zu ihm hat Mellard Reade für die Bildungsdauer der Kalke in den Erdschichten 600 Millionen Jahre gefunden, ein mit den Ergebnissen der Radiumforschung vereinbarer Wert.

Prof. Hilber stellt noch eine Betrachtung darüber an, welche Zeiträume sich aus der Radiumforschung für die Umwandlungsgeschwindigkeit der Tierwelt ergeben. Seit mehr als 20.000 Jahren besteht die heutige Tierwelt, ein Teil davon aber seit mindestens 1,000.000 Jahren als Minimum. Zwischen diesen Zahlen liegt der Zeitwert für die Umwandlung eines Teiles der Fauna. Die meisten niederen Tierarten haben schon vor einer Jahrmillion gelebt. Eine so gut wie gänzliche Umwandlung der Arten hat nach Orbigny 27mal, nach Lyell nur 12mal stattgefunden; ersterer Wert dürfte der Wahrheit näher kommen. Durch die Daten aus den Uranmineralien wird man Werte für die Zeiten von der Vollendung eines Umwandlungsvorganges bis zur nächsten erhalten. Nach den Heliumverhältnissen der diluvialen Laven von Mayen im Laachersee ist es mindestens eine Jahrmillion her, seit 20 Prozent der heutigen Schaltiere gelebt haben; bis zur Zeit der 3 Prozent noch lebender Arten aus der Zeit des Eozän ergeben sich 15 Jahrmillionen gegenüber den 31 Jahr-

*) Die Umschau, Jahrg. 1913, Nr. 15.

millionen Strutts. Schon zur frühen Diluvialzeit, d. h. wenn wir den Daten aus dem Heliumverhältnisse trauen dürfen, vor ungefähr einer Jahrmillion, lebte der niederste Mensch, der Homo Heidelbergensis, dessen Unterkiefer zu Mauer entdeckt wurde, auf der Erde. Alle heutigen Menschenformen sind später entstanden.

Größe und Gestalt der Erde.

Die Tätigkeit der internationalen Erdmessung, deren Zentralbureau sich in Verbindung mit dem königlich preußischen Geodätischen Institut auf dem Telegraphenberg bei Potsdam befindet, läßt uns Gestalt und Größe unseres Planeten mit beträchtlich größerer Sicherheit erkennen, als dies früher der Fall war. Nach der Festsetzung der zur Revolutionszeit eingesetzten wissenschaftlichen Kommission zur Regulierung der Maße und Gewichte betrug der Meridianquadrant (Meridian vom Pol bis zum Äquator) genau 10 Millionen Meter, oder besser gesagt: der zehnmillionste Teil eines Meridianquadranten wurde als das Naturmaß des Meters angenommen. In Wirklichkeit beträgt jedoch, mit diesem Meter gemessen, die Länge des Meridianquadranten 10,002.286 Meter, wobei noch ein Fehler von 78 Metern verborgen sein kann. Nach Prof. Helmert, dem Direktor des Geodätischen Instituts, der über die Dimensionen des Erdkörpers neue und recht sichere Zahlenwerte mitteilt, beträgt die halbe große Achse des Erdellipsoids 6,378.388 Kilometer, mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 35 Metern, die halbe kleine Achse 6,356.909 Kilometer mit 72 Meter Fehler. Als Abplattungswert kann man $^{1}/_{296 \cdot 96}$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 0·8 annehmen, entsprechend einem Unterschied von nur 21·5 Kilometern zwischen der halben großen und kleinen Erdachse. Für die gesamte Oberfläche der Erde erhalten wir den Betrag von 510·1 Millionen Quadratkilometern; der wahrscheinliche Fehler in der Oberflächenberechnung beträgt 7100 Quadratkilometer, etwa halb so viel wie die Ausdehnung des Königreiches Sachsen.

Im Anschluß an die im vorigen Jahrgange (XI, S. 41) mitgeteilte Arbeit Dr. A. Wegeners über die Entstehung der Kontinente wird den Leser eine von H. Kohn*) aufgestellte Hypothese über die Gestalt des Erdkerns interessieren, nach der dieser als Kristall zu betrachten ist. Während Dr. Wegener die Mondflut als mögliche Ursache der Massenverlagerungen auf der Erdoberfläche nennt, ist Kohn der Ansicht, daß hiebei weit mächtigere Kräfte am Werke gewesen sein müssen. So gewaltige, durch ganze geologische Zeitalter hindurchgehende Kraftleistungen, wie die Zertrümmerung und Umlagerung der kontinentalen Erdschollen, können nur innere Kräfte hervorbringen, und diese bedingen unter Berücksichtigung der heutigen Oberflächengestaltung sowie der bekannten Ungesetzmäßigkeiten in der Schwere und im Erdmagnetismus einen kristallförmigen Erdkern.

In der Gliederung des Erdinnern in die drei Zonen der Erdrinde, der Mittelschicht und des Metallkerns, kommen Kohn und Dr. Wegener überein (siehe Abbildung Jahrb. XI, S. 43): ein gneisartiges Urgestein bildet in einer Mächtigkeit von rund 100 Kilometern und mit einem spezifischen Gewicht von etwas mehr als 2 den Untergrund der Kontinente; die leichteren Erdschollen schwimmen sozusagen auf dem schwereren, zähplastischen Sima, dessen Hauptbestandteile Silizium und Magnesium — Si-Ma- sind und dessen spezifisches Gewicht 4·5 beträgt; das Sima umschließt den metallischen Kern, der aus einer Legierung von Nickel, Eisen und anderen Schwermetallen besteht und das spezifische Gewicht 12·25 hat.

Der anfänglich amorphe tropfenartige Kern, der nach näherer Untersuchung exzentrisch zur Erdmitte gelegen ist, hat nun bei dem Verdichtungsvorgang, der infolge seiner Erkaltung eintrat, nicht seine Gestalt beibehalten, sondern bei seiner nach einem bestimmten System vor sich gehenden Schrumpfung die Gestalt eines Kristalls angenommen, wenn auch nicht die eines einfachen, streng genauen Kristalls. Bei der fortschreitenden Verdichtung des Kerns bildeten sich Ecken, Kanten und Flächen. Das plastische Sima stieß mit seinen unteren Schichten auf die Flächen des Kristalls, während seine oberen, schlammartig zähen Schichten die Wiederherstellung der Kugelgestalt der Erde durch Bewegung von den Ecken und Kanten des Kristalls nach den Flächenmitten hin anstrebten. Die weniger plastischen Erdschollen nahmen an der Bewegung ihres Untergrundes teil, kamen auf den Ecken und Kanten des Kristalls zum Bruch und rutschten in großen zusammenhängenden Stücken nach den Mitten der Kristallflächen hin weg; die an den Bruchstellen entstandenen Zwischenräume füllte das Oberflächenwasser in Gestalt von Ozeanen aus. Trafen bei diesem Abgleiten auf einer Fläche von entgegengesetzten Kanten herangleitende Erdschollen zusammen, so bildeten sich an deren Stirnseiten Aufpressungen oder Übereinanderschiebungen, die Gebirge, oder die Nähte bildeten sich, allmählich durch Geröllschutt ausgefüllt, zu großen Flußtälern um, durch die jetzt z. B. Mississippi, Amazonas, Niger, Kongo, Ganges, Indus fließen, während Bildungen, wie die kanadischen Seen, das Tal des St. Lorenz-Stromes oder das tiefe Loch des Baikalsees als Bruchränder zu betrachten sind.

Der metallische Erdkern ist bei seiner exzentrischen Lagerung der südpazifischen Seite der Erdoberfläche näher gekommen. Statische Gründe führen zu der Annahme, daß auf dem der Erdoberfläche näher gelegenen Teile des Kerns leichtere Metalle zur Legierung gelangten als auf der entgegengesetzten, so daß die Lage des Schwerpunktes des Kernkörpers in der Erdmitte gewahrt bleibt. Die tektonischen Oberflächenprojektionen der Kristallecken, sozusagen die Abspiegelung des Kernkristalls auf der Erdoberfläche, sind als die geozentrischen zu suchen, das heißt als die Schnittpunkte der durch den Erdmittelpunkt und die bezügliche Kristallecke gehenden geraden Linie mit der Erdoberfläche, so daß infolge der exzentrischen Lage des Kernkristalls die Entfernungen je zweier entsprechender Punkte auf den durch sie gelegten größten Kreisen auf der südpazifischen Seite kleiner sein müssen als

*) Annalen der Natur- und Kulturphilosophie, Bd. XII, Heft 1/2. Ref. in „Der Zeitgeist", 1913, Nr. 47 (M. Schmidt).

auf der Gegenseite. Die Lage der Eckpunkte des Kristalls ist deshalb schwerer zu bestimmen, weil er sich nicht in völliger Ruhe befindet und bei seinen allmählichen Umlagerungen an verschiedenen benachbarten Punkten der Erdoberfläche Formationsveränderungen hervorgerufen hat. So sind die Azoren, Kanarischen und Kapverdischen Inseln Projektionen ein und derselben Kristallecke in ihrer während verschiedener Erdepochen veränderten Lage. Die gleichen Lageveränderungen des Kristallkörpers sind auch an anderen Punkten der Erdoberfläche deutlich erkennbar.

Die Untersuchung der Oberflächenpunkte, die ihrer geologischen Formation wegen als Eckprojektionen des Kristalls in Betracht kommen, ergibt sechs Punkte, die so gelegen sind, daß sie den Eckpunkten eines regulären Oktaeders entsprechen. In der Mitte zwischen je drei von diesen liegen weitere acht Punkte, welche die Spitzen von acht auf den Oktaederflächen sitzenden dreiseitigen Pyramiden kennzeichnen. Diese 14 Projektionspunkte bezeichnen also die Gestalt des Kernes als einen regulären Pyramidenoktaeder. Nach den Störungen, die bei der Fortpflanzung der Erdbebenwellen im Erdinnern eintreten und die Annahme von Schichten größerer Dichte in bestimmten Tiefen des Erdinnern erforderlich gemacht haben, lassen sich die Maße des Kristalls feststellen. Danach ist die Länge der Oktaederkanten 4900 Kilometer, der Pyramidenkanten 4250 Kilometer; das Volumen des ganzen Kristallkörpers beläuft sich auf 144 Millionen Kubikkilometer (13·3 Prozent des Erdvolumens). Das Volumen des Kristallkörpers entspricht dem einer Kugel, deren Radius etwas größer als der halbe Erdradius ist. Die Eckpunkte des Oktaeders finden wir in folgenden sechs Punkten projiziert:

1. Meerenge von Ormuz (Südarabien),
2. Karolineninsel Ponape,
3. Südende des Winnipegsees,
4. Insel Trinidad, östl. von Kap Frio (Brasil.),
5. Insel Pitcairn (Gruppe der Paumotuinseln, 25 Grad südl. Breite, 130 Grad westl. Länge),
6. ein Punkt 52 Grad südl. Breite, 120 Grad östl. Länge, südl. von Australien.

Die acht Pyramidenpunkte sind:

7. Kanarische Inselgruppe,
8. Hawaiinselgruppe,
9. Galapagosinseln,
10. ein Punkt 53 Grad nördl. Breite, 110 Grad östl. Länge in Sibirien,
11. ein Punkt 65 Grad südl. Breite, 70 Grad westl. Länge südl. von Südamerika,
12. Ngamisee in Südafrika,
13. Sundastraße, Tiefseevulkan Krakatoa,
14. Neuseeland.

Eine große Anzahl dieser Punkte sind auf magnetischen Isodynamenkarten (Linien, welche die Orte mit gleicher magnetischer Intensität verbinden) als Fokusse oder Minima verzeichnet. Überraschende Resultate ergeben auch vergleichende Untersuchungen über Deklinationsschwankungen an bestimmten Orten und die Lage dieser Orte zu Eckpunkten und Kanten des Kristalls.

Die auf der Erdoberfläche beobachteten Gravitationsanomalien erklären sich gleichfalls leicht durch die erhöhte Anziehungskraft über den Eckpunkten (Ozeaninseln) und die verminderte Schwerkraft über den Kristallflächen (Gebirge, Himalaja). Die exzentrische Lage des Kristalls findet ihre Bestätigung in der bedeutend größeren Stärke dieser Unterschiede auf der südpazifischen Seite der Erde als auf ihrer Gegenseite.

So erscheint diese Hypothese vom Erdkern als Kristallkörper geeignet, manche geophysikalische Fragen einer Beantwortung näher zu bringen, andere dafür allerdings auch neu aufzuwerfen.

Energien und Stoffe.

(Physik, Chemie und Mineralogie.)

Atomlehre und Radioaktivität * Vom unfaßbar Kleinen * Metalle und Elemente * Ein Brückenbau.

Atomlehre und Radioaktivität.

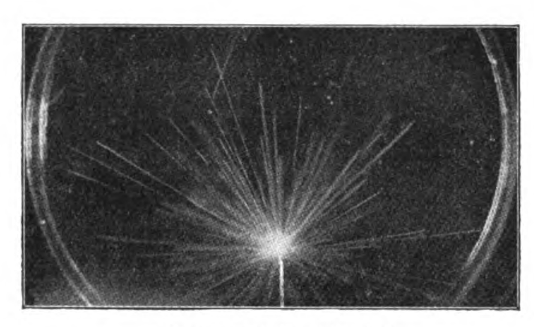
Die Lehre, daß sich die Materie aus kleinsten Teilchen von endlicher Größe zusammensetzt, hat durch die radioaktive Forschung neue und überraschende Stützen erhalten. Die ganze Fülle der hieher gehörigen Tatsachen und Erscheinungen zieht in einem ungemein klaren Vortrag von Prof. Dr. H. Geitel,*) der sich auf radioaktivem Gebiete selbst eines hervorragenden Rufes erfreut, an uns vorüber, und wie manche Einzelheit des Stoffes dem Leser auch bekannt sein mag, die Zusammenfassung des Ganzen durch Meisterhand wirkt dennoch belehrend und erfreuend.

*) „Die Bestätigung der Atomlehre durch die Radioaktivität", Braunschweig, Verlag Vieweg und Sohn, 1913.

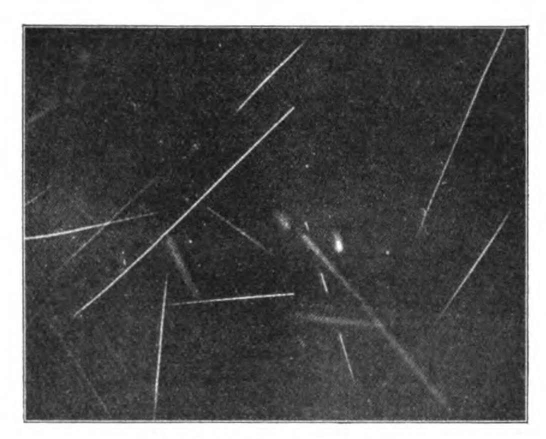
Prof. Geitel geht von den unerwarteten Entdeckungen aus, die der physikalischen Forschung in den Achtzigerjahren glückten. Durch die Arbeiten von Maxwell und H. Hertz war das Licht als ein elektromagnetischer Vorgang erkannt worden. Diese Einsicht rief eine Reihe von Untersuchungen über eine andere Strahlenart zweifellos elektrischen Ursprungs hervor, über die von Plücker entdeckten Kathodenstrahlen, die als Begleiterscheinung elektrischer Entladungen in Vakuumröhren beobachtet waren. Aus den Arbeiten von Hittorf, Goldstein, Crookes, Lenard u. a. über die Kathodenstrahlen ergab sich der glänzende und auch praktisch so wertvolle Fund der Röntgenstrahlen. Die wissenschaftliche Bewegung, die von der Entdeckung dieser neuen Strahlungsform ausging,



half einen anderen Vorgang ans Licht ziehen, der sich unbemerkt von der Forschung, aber im vollen Bereiche ihrer Hilfsmittel von jeher abgespielt hatte: die allmähliche Umwandlung gewisser chemischer Grundstoffe, die mit ganz neuartigen Strahlungserscheinungen verbunden war. Die Entdeckung der radioaktiven Vorgänge durch Becquerel, insbesondere die Isolierung des Radiums durch das Ehepaar Curie und durch Bémont hat der Physik und Chemie ein neues Gebiet erschlossen,



α-Strahlen eines Radiumkornes.*)



α-Strahlen der Ra-Emanation.*)

auf dem sich der Forschungseifer nun seit 17 Jahren betätigt.

Diese Forschungen haben auch den bündigen, unmittelbar überzeugenden Beweis dafür geliefert, daß die Materie tatsächlich aus kleinsten Teilchen von endlicher Größe, aus Atomen, zusammengesetzt ist, daß also die Atomlehre keine bloße Hypothese ist.

Als Hypothese hat sie ja seit langer Zeit schon nicht nur zur wissenschaftlichen Beherrschung bekannter Tatsachen, sondern selbst zur Auffindung neuer verholfen. Alles in allem lag für ihre Richtigkeit jedoch nur ein Indizienbeweis vor, der der Mehrzahl der Fachleute allerdings zwingend erschien. Aber es muß auch daran erinnert werden, daß z. B. noch im Jahre 1903 der Chemiker Franz Wald unter lebhafter Anerkennung Wilhelm Ostwalds den Atombegriff gerade auf seinem ureigensten und am wenigsten bestrittenen Gebiete, der Stöchiometrie,*) durch ganz andere, aus der Energetik entlehnte Vorstellungen zu beseitigen versuchte.

*) Aus: Die Naturwissenschaften, 1913.

Was der Atomtheorie zu ihrer vollen Anerkennung noch fehlte, trat klar hervor in der naiven Frage des Nichtfachmannes, wenn von Atomen die Rede war: „Ja, hat man denn überhaupt schon einmal ein Atom gesehen?"

Wir sind, sagt Prof. Geitel, jetzt im stande, hierauf mit einem schlichten „Ja" zu antworten, allerdings mit einem Vorbehalt über die Bedeutung des Wörtchens „sehen" in unserem Falle. Ein Gesehenwerden im gewöhnlichen Sinne, eine Wahrnehmung mittels des freien oder bewaffneten Auges ist ja selbst bei Körpern ausgeschlossen, deren Dimensionen gegen die der Atome noch groß zu nennen sind, z. B. bei den allerkleinsten Krankheitserregern. Beruht ja doch das Sichtbarwerden eines Körpers, der nicht selbst Licht aussendet, auf den Störungen, die er in dem Gange der Lichtwellen hervorruft. Damit diese Wirkung dem Auge bemerkbar werde, darf die Größe des Körpers nicht unter ein gewisses, durch die Länge der Lichtwellen gegebenes Maß — höchstens $1/_{10000}$ Millimeter — herabsinken. Ein direktes Sehen durch zurückgeworfenes oder hindurchgelassenes gewöhnliches Licht ist demnach bei dem einzelnen Atom sicher ausgeschlossen.

Es lassen sich jedoch Bedingungen finden, unter denen das einzelne Atom zwar nicht selbst die Lichtwellen merklich beeinflußt, unter denen es aber als Individuum Wirkungen ausübt, die ihrerseits dem Auge wahrnehmbar sind; so sehen wir eine in einigen hundert Metern Abstand vorüberfliegende Flintenkugel nicht selbst, bemerken aber ihre Gegenwart sofort, wenn sie beim Aufschlagen auf den Boden Staub und Erde emporspritzen läßt. Dieses Bild von dem fliegenden Geschosse trifft das Wesen der Erscheinungen, von denen hier die Rede ist.

Wir haben tatsächlich winzig kleine Projektile (Geschosse) zu unserer Verfügung, die sich mit ungemein großen Geschwindigkeiten bewegen; sie werden uns ohne unser Zutun von den radioaktiven Körpern geliefert und sind nichts anderes als die Atome eines chemisch und physikalisch wohlbekannten Stoffes.

Den merkwürdigen und anziehenden Weg, der zu dieser Einsicht geführt hat, zeichnet Professor Geitel in kurzen Zügen auf.

Kirchhoff und Bunsen hatten in den Jahren 1859/60 ihre Methode der Spektralanalyse begründet, das jetzt allgemein bekannte Verfahren, aus der Natur des Lichtes selbstleuchtender gasförmiger Körper auf deren chemische Zusammensetzung zu schließen. Die erste Frucht dieser Methode war die Entdeckung einer Anzahl bis dahin unbekannt gebliebener chemischer Elemente auf der Erde, die zweite der Nachweis, daß in der Sonnenatmosphäre ein großer Teil derjenigen Grundstoffe, die wir auch auf der Erde kennen, im dampfförmigen Zustand leuchtet. So zeigt das Spektroskop, daß

*) Stöchiometrie ist die Lehre von den Gewichts- und Raumverhältnissen, nach denen sich ungleichartige Stoffe zu neuen Körpern chemisch verbinden, sowie die Anwendung dieser Verhältnisse zu chemischen Berechnungen. Die Atomenlehre und das Molekulargewicht spielen eine große Rolle in der Stöchiometrie.

die bei Sonnenfinsternissen sichtbar werdenden kleinen wolkenartigen Hervorragungen des Sonnenrandes, die Protuberanzen, die drei für den Wasserstoff charakteristischen Linien im Rot, Grün und Blau hervorrufen. Wir haben demnach in den Protuberanzen Massen leuchtenden Wasserstoffgases vor uns, die der Sonnenkörper hie und da aus seinem Innern hervorstößt.

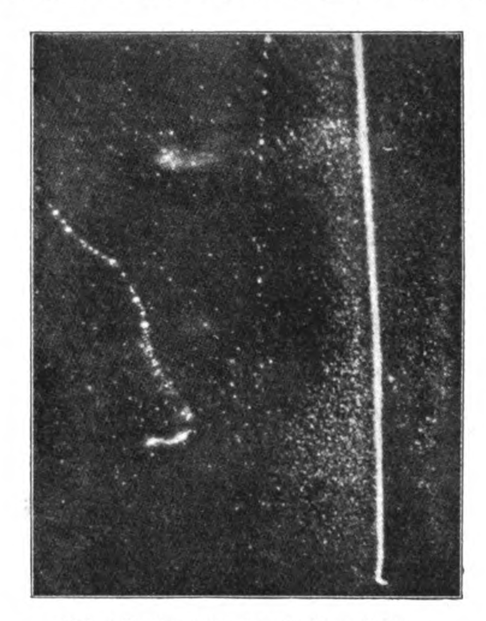
Während einer totalen Sonnenfinsternis im Jahre 1868 bemerkte der französische Astronom Janssen, daß neben diesen farbigen Linien des Wasserstoffes noch eine vierte von gelber Farbe in dem Spektrum einer Protuberanz hervortrat. Das gelbe Licht war dem des glühenden Natriumdampfes sehr ähnlich, aber mittels des Spektralapparats zweifellos davon zu unterscheiden. Man schloß hieraus auf das Vorhandensein eines neuen Elements in der Sonnenatmosphäre, dem der englische Astronom Lockyer den Namen Helium nach seinem bis dahin einzigen Fundorte, der Sonne, beilegte.

Der Erde schien dies Element, das doch so leicht an seinem Lichte erkennbar sein mußte, fremd zu sein, es ließ sich an keinem irdischen Material mit Sicherheit nachweisen. 26 Jahre vergingen, bis ein Schritt vorwärts getan wurde. Im Jahre 1894 gelang es zwei englischen Forschern, aus dem der atmosphärischen Luft entzogenen, für vollkommen rein angesehenen Stickstoff ein fremdes Gas abzuscheiden, das etwa ein Prozent von ihm ausmachte. Es wurde als ein neues Element erkannt und erhielt von seinen Entdeckern den Namen Argon. Hatte sich unter dem atmosphärischen Stickstoff ein neues Element verborgen halten können, so war das vielleicht auch in dem aus Mineralien genommenen möglich.

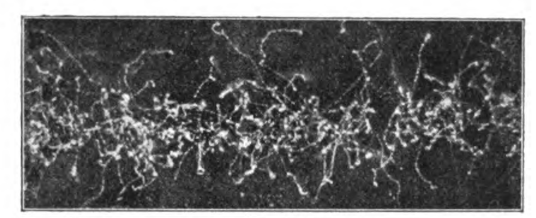
Zu den anscheinend stickstoffhaltigen mineralischen Körpern gehörten die Erze eines seltenen Metalls, des Urans. Besonders von dem Clevëit, einer Art Uranpecherz, war bekannt, daß er beim Auflösen in Säuren eine reichliche Menge Gas entwickelte. Dieses wurde in den Analysen des Minerals als Stickstoff aufgeführt, nicht etwa, weil seine chemische Natur direkt festgestellt war, sondern weil alle sonst bekannten Gase außer Stickstoff sicher nicht damit identisch sein konnten.

Als Ramsay im Jahre 1895 dieses Gas behufs Prüfung seines Argongehaltes aus Clevëit darstellte und von allen sonstigen bekannten Beimengungen, wie Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Kohlendioxyd, chemisch reinigte, behielt er einen Rest übrig, und als er diesen in eine Geißlersche Röhre überführte und durch den elektrischen Strom zum Leuchten brachte, strahlte ihm das auf der Erde bislang vergeblich gesuchte Licht des Heliums entgegen. So wurde dieser in den Sonnenprotuberanzen und Fixsternatmosphären zuerst wahrgenommenen Stoff als ein, wenn auch seltener, Bestandteil unserer eigenen Erde erkannt.

Aber die Uranerze bargen noch eine weit größere Überraschung. Zwei Jahre nach der Gewinnung des Heliums durch Ramsay entdeckte Becquerel am Uran die völlig rätselhaft erscheinende Eigenschaft, ohne äußere Veranlassung Strahlen auszusenden, die den kurz zuvor entdeckten Röntgenstrahlen ähnelten. Im Verfolg dieser Entdeckung gelangte man zur Auffindung des Radiums, das, mit ungleich stärkerem Strahlungsvermögen als das Uran ausgestattet, aus denselben Erzen wie jenes gewonnen wird. Mit diesen beiden Elementen im Zusammenhange steht eine Reihe von 19 anderen, inzwischen aufgefundenen, die alle selbststrahlend, radioaktiv, sind und alle in den Uranerzen als ihren natürlichen Fundstellen vorkommen (siehe Jahrb. VIII, S. 102, und Jahrb. IX, S. 94).



Links β-Strahlen, rechts ein α-Strahl von Radium.



Röntgenstrahlbündel von zirka 2 *mm* Durchmesser.*)

Und mit dieser zahlreichen Familie selbststrahlender Elemente vergesellschaftet erscheint das Sonnengas Helium! Sollte es Zufall sein, daß diese Gruppe merkwürdigster Stoffe sich gerade mit dem Helium in jenen seltenen Erzen zusammen vorfindet?

Den inneren Zusammenhang, den die Phantasie hier zu sehen glaubte, hat die Wissenschaft zur Gewißheit erhoben. Am einfachsten durch den Versuch zu prüfen war der Gedanke, daß sich das Helium als eine Art Zersetzungsprodukt aus den radioaktiven Körpern selbst bilde. Eine solche Vorstellung widersprach zwar den überkommenen Begriffen von der Unveränderlichkeit des chemischen Elements durchaus; sie wurde aber in den Bereich der Möglichkeit gerückt durch die Theorie von Rutherford und Soddy, nach der die Radioaktivität eben nichts weiter als eine Erscheinung

*) Aus: Wilsons Sichtbarmachung radioaktiver Strahlen. Verlag von Julius Springer, Berlin.

bildet, die den Übergang eines Elements in ein anderes begleitet.

Die Verwandlung ist verhältnismäßig leicht zu demonstrieren. Eine nicht zu kleine Menge eines Radiumpräparats wird in eine Seitenkammer einer Geißlerschen Röhre eingeschlossen und diese mit den besten Hilfsmitteln der neueren Technik luftleer gemacht, so daß ein elektrischer Strom hoher Spannung, eben wegen des Mangels an materiellen Trägern, das Rohr nicht mehr passieren kann. Wartet man nun einige Monate oder Jahre, indem man das Rohr mit dem eingeschlossenen Radium sich selbst überläßt, und schließt man es dann wieder an eine elektrische Stromquelle an, so erfolgt nun wieder Leitung. Das Rohr hat sich inzwischen mit einem Gase gefüllt, das durch die elektrische Entladung zum Leuchten gebracht wird und, wie sein Licht verrät, Helium ist.

Schwieriger war es, den Zusammenhang der Heliumentwicklung mit der **Strahlung** aufzudecken, die von den radioaktiven Stoffen unausgesetzt entsandt wird. Diese Strahlung ist bekanntlich durchaus nicht so einfach, wie man anfangs nach ihrer Ähnlichkeit mit den Röntgenstrahlen erwarten konnte. Von den vier Strahlentypen, die man an radioaktiven Körpern unterscheidet, ist die eine in der Tat den Röntgenstrahlen sehr nahe verwandt und wie sie mit großem Durchdringungsvermögen ausgestattet. Man hat sie wahrscheinlich als eine besondere Gattung von Licht aufzufassen, wie dieses sind sie nicht eigentlich materieller Natur; es sind die sogenannten γ-Strahlen. Von ihnen unterscheidet man die α-Strahlen, die viel geringere Durchdringungsfähigkeit besitzen. Man kann die α-Strahlen durch elektrische und magnetische Kräfte aus ihrer ursprünglich geradlinigen Richtung abbiegen und aus der Größe der Ablenkung und der dazu erforderlichen Kräfte schließen, daß sie nichts anderes sind als sehr kleine positiv elektrische Stoffteilchen, die sich mit der ungemein großen Geschwindigkeit von 15.000 bis 20.000 Kilometern in der Sekunde fortbewegen.

Die Erfahrung der letzten Jahre hat es fast gewiß gemacht, daß die elektrische Eigenladung keines noch so kleinen Körpers unter ein gewisses Maß herabsinken kann, das man als das elektrische Elementarquantum bezeichnet (s. Jahrb. IX, S. 89). Es ist dies die letzte, kleinste Einheit, in der wir elektrische Ladungen messen können, etwa wie der Pfennig das unveränderliche kleinste Maß bildet, um sowohl die winzigsten wie die größten Kapitalien darin auszudrücken.

Angenommen, die elektrische Ladung jedes einzelnen α-Teilchens sei eben diese letzte elektrische Scheidemünze, das Elementarquantum, so können wir aus den eben erwähnten Ablenkungsversuchen berechnen, daß seine Masse, d. h. sein Gewicht, 3·3 quadrilliontel Gramm betragen müßte. Diese Zahl ist das Doppelte desjenigen Gewichtes, das man für das einzelne Atom des Wasserstoffgases berechnet hatte, auf Grund der Hypothese von der molekularen Struktur der Gase.

Ein Element, dessen Atom gerade das Doppelte des Gewichtes von dem Atom des Wasserstoffes haben müßte, ist der Chemie unbekannt. Dürfte man aber annehmen, daß jedes einzelne α-Teilchen das **doppelte** elektrische Elementarquantum als Ladung trägt, so berechnet sich sein Gewicht ebenfalls doppelt so groß als vorher. Dann wäre das „Atom"gewicht des α-Teilchens das vierfache von dem des Wasserstoffs. Ein Element dieser Art ist bekannt, nämlich das **Helium**. So legten die experimentellen Untersuchungen über die Ablenkung der α-Strahlen durch elektrische und magnetische Kräfte den Schluß nahe, daß die α-Strahlen der radioaktiven Stoffe nichts anderes als mit dem doppelten Elementarquantum positiv geladene Heliumatome sein könnten. Die wirklich beobachtete Entstehung des Heliums aus jenen Stoffen hat begreiflicherweise diesem Gedankengange die Richtung gegeben.

Aus dieser Erkenntnis schöpft die Hoffnung, einen Blick in das Spiel der Atome selbst zu tun, eine unvorhergesehene Ermutigung. Ein einzelnes ruhendes Heliumatom zu sehen, ist zwar unmöglich, aber ein Heliumprojektil, ein einzelner α-Strahl, könnte vielleicht Wirkungen haben, die dem Auge wahrnehmbar sind.

Bekanntlich rufen die α-Strahlen der radioaktiven Elemente, ebenso wie die übrigen unsichtbaren Strahlengattungen, sichtbare Lichterscheinungen hervor, wenn sie gewisse kristallinische Stoffe treffen; man macht ja auch den Röntgenstrahlen gegenüber in den sogenannten Leuchtschirmen davon Gebrauch. Eine zur Erkennung der α-Strahlen sehr geeignete Substanz ist z. B. die mit einer Spur Kupfer versetzte kristallinische Verbindung des Zinks mit Schwefel; sie läßt sich zu einem weißgelben Pulver zerreiben und nach Art eines Farbstoffes auf Kartonflächen auftragen. Nähert man einem solchen Leuchtschirme aus Zinksulfid im dunklen Raume ein Radiumpräparat, so strahlt er in lebhaft blaugrünem Lichte auf. Schiebt man zwischen Leuchtschirm und Radium eine Metallplatte ein, so wird das Leuchten fast unmerklich, da jetzt nur noch die durchdringenden γ-Strahlen zu dem Schwefelzink gelangen können. Es sind eben gerade die α-Strahlen, d. h. die von der Theorie wahrscheinlich gemachten Heliumprojektile, die das hellste Leuchten erregen.

Die Lichtentwicklung, die von einem starken Radiumpräparat ausgeht, ist so lebhaft, daß man Einzelheiten kaum darin unterscheiden kann. Anders wird der Anblick, wenn man sich **äußerst verdünnter** radioaktiver Stoffe bedient.

Die Professoren **Geitel** und **Elster** haben das Glück gehabt, diese neue Erscheinung, als sie noch unbekannt war, zu beobachten; sie wurde fast zu gleicher Zeit von **Crookes** in England gefunden, der sie auch als erster veröffentlichte.

Radium steckt in höchster Verdünnung nicht nur in fast allen der Erdoberfläche angehörenden Rohmaterialien, sondern auch in der Luft, besonders in derjenigen, die in den Poren des Erdreichs und in unterirdischen Räumen eingeschlossen ist. Es gibt ein Verfahren, diese in der Luft schwebenden Spuren radioaktiver Materie auf die Oberfläche beliebiger Körper zu bannen, sie gewissermaßen einzufangen, wie man Fliegen auf Klebstoffen anleimt; das Verfahren beruht darauf, daß

jene Stoffe positiv elektrisch geladen sind, also von negativ elektrisierten Körpern angezogen werden.

Elster und Geitel führten in eine sehr große Glocke aus Eisenblech, die mit ihrer unteren offenen Seite in die Erde gegraben war, eine Rolle aus Karton ein, die einen Überzug von Schwefelzink trug. Indem sie die Rolle durch Anschluß an eine elektrische Batterie negativ aufluden, fingen sie an ihrer Oberfläche die dem Erdboden entstammenden radioaktiven Teilchen auf. Dann wurde die Rolle in ein völlig dunkles Zimmer gebracht.

Aus einiger Entfernung betrachtet, zeigte sich an dem Schwefelzink ein äußerst schwaches Leuchten, hervorgerufen durch die Strahlen der unendlich fein darauf zerteilten radioaktiven Materie. In der Nähe gesehen, am besten mit Hilfe einer Lupe, löste sich das scheinbar flächenhafte Licht in eine Unzahl feinster Lichtpünktchen auf, die hier und da aufblitzten und sofort wieder verschwanden. Die Erscheinung ist, eben durch diesen stetigen Wechsel, ungemein reizvoll; sie erinnert an den Anblick, den ein Nebelfleck am Himmel, der in Wirklichkeit eine Sternwolke ist, darbietet, wenn man ihn durch ein Fernrohr von großer, raumdurchdringender Kraft betrachtet.

Mit überzeugender Gewalt drängte sich den Beobachtern der Gedanke auf, daß überall da, wo ein Lichtpunkt aufblitzte, sich die Energie eines einzelnen radioaktiven Atoms bemerklich gemacht habe. Leicht erkennt man, daß es allein die α-Strahlen sind, die dies funkelnde Leuchten des Schwefelzinks erregen; eine minimale Spur von Radium, einem Leuchtschirm aus Schwefelzink gegenübergehalten, läßt zahllose Lichtpunkte aufblitzen, die sofort verschwinden, sobald man die α-Strahlen durch ein eingeschaltetes Hindernis, etwa ein Papierblatt, abfängt.

Wir erinnern uns, daß die α-Strahlen materieller Natur sein sollten, wahrscheinlich Atome von Helium, die sich mit $^1/_{20}$ der Lichtgeschwindigkeit bewegten. Die Masse eines solchen Heliumatoms ist zwar unendlich klein, seine Geschwindigkeit verleiht ihm aber eine ungeheure Stoßkraft. Eine rechnungsmäßige Abschätzung der theoretisch in einem einzigen α-Strahl zur Verfügung stehenden Wucht führt zu dem Ergebnis, daß es möglich sein müßte, die aus dem Stoße hervorgehende Lichtentwicklung zu sehen, wenn auch nur ein Prozent der Bewegungsenergie in sichtbares Licht verwandelt wurde. Die wunderbare Empfindlichkeit unseres Sehwerkzeuges würde uns befähigen, in diesem Fall wirklich die Einschlagstelle des Atomgeschosses wahrzunehmen. Der Annahme, daß die funkelnde Lichterscheinung am Zinksulfid eine unmittelbare Stoßwirkung bewegter Heliumatome sei, steht also ein physiologisches Bedenken nicht entgegen.

Weiter läßt sich zeigen, daß durch Aufspeichern der zur Ruhe gekommenen α-Projektile sich tatsächlich nachweisbare Mengen von Helium ansammeln lassen. Die Entstehung von Helium aus radioaktiven Stoffen war ja unzweifelhaft festgestellt. Es blieb noch zu zeigen, daß es sich dabei nicht um eine Gasentwicklung gewöhnlicher Art handelte, etwa so, wie Kohlendioxyd aus einem Gemisch von Kalkstein und Säuren entbunden wird, sondern daß das Helium in den α-Strahlen selbst mit großer Gewalt ausgeschleudert wird. Man kann leicht die Wände eines Glasrohres so dünn machen, daß sie für α-Strahlen durchlässig werden, für Gase aber nach wie vor undurchdringlich bleiben. Füllt man das Rohr mit einem kräftig radioaktiven Stoffe an, der α-Strahlen aussendet, z. B. mit Radiumemanation, so gelangen diese Strahlen zum Teil durch die Glaswand nach außen, während alle andern materiellen, auch die flüchtigsten Substanzen zurückgehalten werden. Haftet nun das Helium untrennbar an den α-Strahlen, so muß seine Gegenwart sich außerhalb des Rohres nach einiger Zeit nachweisen lassen. Tatsächlich ist dies der Fall, und je länger die verflossene Zeit, desto größer sind die Heliummengen, die durch die dünne Glaswand hindurch zugleich mit den α-Strahlen getrieben werden.

Das Material der Geschosse, die das Radium und die α-strahlenden Elemente überhaupt nach allen Richtungen hervorsprühen lassen, ist also unzweifelhaft das Helium. Und auch die Zahl der Geschosse stimmt mit der Zahl der abgegebenen Schüsse überein. Soviel α-Strahlen, wie ein radioaktiver Stoff in einer bestimmten Zeit aussendet, soviel Atome Helium müssen in Freiheit gesetzt sein.

Der Wiener Physiker Loschmidt hatte im Jahre 1865, also schon lange vor dem Bekanntwerden der radioaktiven Erscheinungen, ein Verfahren gefunden, mittels dessen sich auf Grundlage der Molekulartheorie der Gase berechnen läßt, wieviel Moleküle in einem Kubikzentimeter eines Gases von der Temperatur 0^0 und bei Atmosphärendruck enthalten sind. Der zuverlässigste Wert dieser Loschmidtschen Zahl beträgt nach den neuesten und besten Berechnungen 27 Trillionen Moleküle. Bei bestimmten physikalischen Eigenschaften des Gases, wie wir sie beim Helium antreffen, müssen diese kleinsten Teilchen mit den Atomen identisch sein.

Wir stellen nun — sagt Prof. Geitel — das hochbefriedigende, auch den durch Erfolge mancher Art verwöhnten Theoretiker fast märchenhaft anmutende Ergebnis fest, daß die Zählungen der α-Teilchen mittels der Methode der Lichtfünkchen (ausgeführt von Rutherford, Geiger, Regener) zu ebenderselben Zahl für die in einem Kubikzentimeter Heliums enthaltene Zahl von Atomen geführt haben.

Die elektrische Ladung des einzelnen α-Teilchens besteht aus dem doppelten Elementarquantum der Elektrizität; dadurch ist nachträglich die Annahme gerechtfertigt, die in Verbindung mit der Ablenkung der α-Strahlen durch elektrische und magnetische Kräfte zu dem Atomgewicht 4 für das α-Teilchen geführt und seine Übereinstimmung mit dem Heliumatome nahegelegt hatte.

Die α-Teilchen sind also in Wirklichkeit einzelne, positiv elektrisch geladene, bewegte Heliumatome; es ist möglich, wie behauptet war, unter bestimmten Bedingungen, nämlich in den Lichtpünktchen auf dem Zinksulfidschirme, ein Atom als Einzelwesen wirksam zu sehen.



Zugleich ist physikalisch erwiesen, daß das Heliumgas aus Atomen besteht. Da aber alle Gase in ihrem Verhalten gegenüber Druck- und Temperaturveränderungen im wesentlichen übereinstimmen, so gilt die atomistische Struktur allgemein für den gasförmigen Zustand. Nun ist dieser von dem flüssigen Zustande bei bestimmten Beträgen des Druckes und der Temperatur durch kein Mittel zu unterscheiden, und auch zwischen Flüssigkeiten und starren Körpern gibt es keine grundsätzlich scharfen Unterscheidungsmerkmale. Demnach müssen wir nach der Erfahrung annehmen, daß die Materie überhaupt diskontinuierlich beschaffen ist, d. h. aus einer Unzahl winzigster Stoffteilchen oder Atome besteht.

Das Atom der neueren Physik und Chemie ist kein Phantasiegebilde, ist nicht etwa die Bezeichnung einer unteren Grenze, über welche die Erforschung der Welt nicht hinausdringen kann. Das Atom ist vielmehr selber ein Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung geworden. Wie unermeßlich das menschliche Forschungsgebiet damit erweitert worden ist,erkennt man ebenfalls am deutlichsten an dem Beispiel der radioaktiven Vorgänge. Die α-Teilchen, d. h. die von den radioaktiven Stoffen ausgestrahlten positiv elektrischen Heliumatome, lassen sich mit Geschossen vergleichen. Zu einem Geschoß gehört aber auch ein Geschütz, und dies ist in unserem Fall das Atom des radioaktiven Elementes, von dem das Heliumatom abgeschleudert wird. Wie ein wirkliches Geschütz, etwa ein Maschinengewehr, eine Reihe von Schüssen nacheinander automatisch abgeben kann, so strahlt auch das Atom des Radioelements eine Folge von Heliumatomen aus, nur daß hier ein jeder Schuß, der ja mit einer Gewichtsveränderung des Atomgeschützes verbunden ist, eine Änderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Elementes nach sich zieht. So geht das Radium selbst nach Verlust eines Heliumatoms in ein Gas über, die Radiumemanation, diese ihrerseits in einen festen Körper, bis nach sechsmaligem Abschleudern desselben Geschosses und stetem Wechsel der chemischen Natur die Munition erschöpft und das Atom beständig geworden ist. Neben den scharfen Schüssen mit Heliumatomen kommen auch solche mit Platzpatronen vor, Schüsse, in denen allein reine Elektrizitätsladungen, ohne Beigabe des materiellen Heliumatoms, verfeuert werden, die sogenannten β-Strahlen.

Schon dieser Vergleich läßt erkennen, welch ein ungemein zusammengesetztes Gebilde ein Radiumatom sein muß. Aber noch wunderbarer wird das Bild, wenn wir erfahren, daß für das Tempo des Feuerns der einander ablösenden Atombatterien ganz bestimmte Gesetze gelten.

Angenommen, wir hätten von dem Radium und allen aus ihm hervorgehenden Elementen je 10 000 Millionen Atome zur Verfügung und könnten die Schüsse zählen, die von ihnen in jeder Minute abgegeben werden. Für das reine Radium fänden wir dann 6 Schüsse, für die Radiumemanation eine Million, für das nächste Produkt 2100 Millionen, usw., für das letzte, das Polonium, 35 000 Schüsse. Jedes radioaktive Element hat so eine bestimmte Umwandlungszahl, die angibt, welcher Prozentsatz der augenblicklich vorhandenen Atome in einer Minute durch Abschleuderung eines scharfen (α) oder eines blinden (β) Schusses in ein Atom des nächstfolgenden Elementes übergeht.

Je schneller das Tempo des Feuers, desto größer ist die Anfangsgeschwindigkeit des Heliumgeschosses. Es liegt völlig außerhalb unserer Macht, dieses Tempo durch äußere Einflüsse, etwa Erhitzung, elektrische Kräfte, Bestrahlung zu ändern. Welches Atomgeschütz gerade an der Reihe ist, seinen Schuß abzugeben, das können wir mit keinen Mitteln erkennen; innerhalb jeder der einzelnen Batterien scheint es dem reinen Zufall überlassen zu sein. Da aber äußere Einwirkungen völlig machtlos sind, so muß dieser Zeitpunkt durch die innere Beschaffenheit des Atoms selbst von Anfang seiner Existenz an festgelegt sein.

Noch ist es uns in unanfechtbarer Weise nicht geglückt, trotz Aufbietung aller verfügbaren Mittel, in das innere Getriebe des Atoms andauernd einzugreifen, d. h. willkürlich ein chemisches Element in ein anderes umzuwandeln oder auch nur eine schon im Gange befindliche Umwandlung — wie bei den Radioelementen — in neue Bahnen zu lenken oder rückgängig zu machen. Der Physiker und Chemiker steht diesem Bereich der Natur noch ebenso gegenüber wie etwa der Astronom dem seinigen, er muß abwarten, wie viel an Gesetzmäßigkeit er aus denjenigen Vorgängen ablesen kann, die sich seiner Beobachtung von selbst darbieten.

Der Astronom hat mit solchen Mitteln eine Physik des Himmels zu errichten vermocht, deren Gefüge vorbildlich für die wissenschaftliche Forschung überhaupt geworden ist. Zu einer künftigen Physik des Atoms hat neben der neueren Elektrizitäts- und Strahlungstheorie die Erforschung der Radioaktivität die wertvollsten Bausteine geliefert.

Neuerdings ist es dem Engländer C. T. R. Wilson gelungen, die Bahnen der radioaktiven Strahlen mittelst eines sehr sinnreich erdachten Apparats photographisch zu fixieren. Die nach seinen Aufnahmen angefertigten Abbildungen zeigen u. a. die α-Strahlen, die von einer winzigen Menge Radium ausgehen, das sich an der Spitze eines in die Expansionskammer hineinragenden Drahtes befindet. Wir sehen ferner α-Strahlen, die von einer Spur in der Kammer befindlichen Radiumemanation ausgingen; eine Aufnahme zeigt nebeneinander einen α- und einen β-Strahl, eine andere durch Jonisierung bei einem Röntgenstrahlenbündel von etwa 2 Millimeter Durchmesser erzeugte sekundäre β-Strahlen. Auf der Photographie sieht man mit überraschender Klarheit, wie die Sekundärstrahlen willkürlich nach allen Richtungen auseinandergehen und auch außerhalb des von den Röntgenstrahlen bestrichenen Raumes treten. Die Wege der sekundären β-Strahlen sind sehr krummlinig, da es sich um ganz langsame Strahlen handelt. Von primärer Jonisation ist auf den Photographien keine Spur. Die ganze ionisierende Wirkung der Röntgenstrahlen wird also über den Umweg durch die sekundären β-Strahlen ausgeübt. Die Zahl der auf 1 Zentimeter Wegs der Sekun-



därstrahlen erzeugten Jonen beläuft sich auf einige hundert.*)

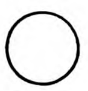
Vom unfaßbar Kleinen.

Gelingt es bei den Versuchen C. T. R. Wilsons nur, die Wege minimaler Stoffteilchen sichtbar zu machen, so ist es doch anderseits auch geglückt, die kleinsten Teile der Materie selbst sichtbar zu machen. Dem Leser sind die Erfolge bekannt, die Zsigmondy und Siedentopf in dieser Hinsicht mit dem von ihnen konstruierten Ultramikroskop erzielt haben (s. Jahrb. II, S. 150). Die kleinsten Teilchen, die R. Zsigmondy in den kolloidalen Lösungen zuerst gesehen hat, kommen an Größe derjenigen der Moleküle nahe und sind genau in jener fortwährenden Bewegung begriffen, welche die kinetische Theorie der Materie, d. h. die Annahme, daß die kleinsten Massenteilchen in steter Bewegung sind, voraussetzt. Auf diese Weise sieht man, wie Prof. Dr. R. Lorenz in einer zusammenfassenden Arbeit über die Realität der Moleküle**) zeigt, diese kleinsten Massenteilchen und wird des Zweifels an der Molekulartheorie und Atomistik völlig enthoben.

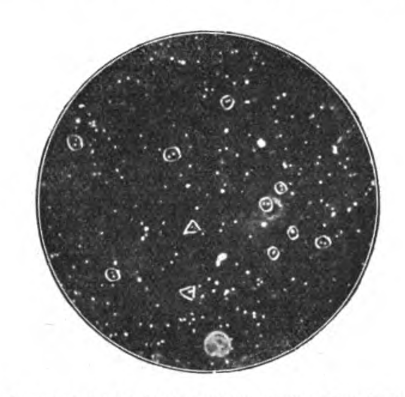
Unter Suspensionskolloiden versteht man Substanzen, die aus zahlreichen äußerst kleinen Tröpfchen oder Körperchen bestehen, die sich in einer Flüssigkeit, ihrem Dispersionsmittel, schwebend erhalten. Eine Lösung von essigsaurer Tonerde, wie sie zu medizinischen Zwecken allgemein verwendet wird, gelangt in den kolloidalen Zustand, wenn sie sich trübt: kleinste Teilchen von Aluminiumhydroxyd scheiden sich ab und treiben sich schwebend in der wässerigen Lösung, ihrem Dispersionsmittel, herum. Auf denselben Gesetzen beruhen die Erscheinungen von Nebel, Dampf, Rauch, Staubwolken, bei denen die Luft das Dispersionsmittel ist. Auch Glasflüsse und Mineralien sind zum Teil als Kolloide aufzufassen, so Opal, Aventurin oder das von kleinsten Goldteilchen durchdrungene Rubinglas. Für das Studium der Realität der Moleküle, besonders durch den französischen Forscher Jean Perrin, sind Suspensionen von Gummigutt und Mastix von besonderer Bedeutung geworden.

Eine sehr exakte und theoretisch hervorragend interessante Methode zur Bestimmung der Größe kleinster kolloider Teilchen ist die Methode der Ultrafiltration von H. Bechhold. Sie beruht auf der Tatsache, daß sich die kolloiden Teilchen von der Flüssigkeit, in der sie schweben, abtrennen lassen, wenn man Filter anwendet, deren Porengröße klein genug ist, um so feine Teilchen zurückzuhalten, wozu sich die mittels Filtrierpapiers hergestellten gebräuchlichen Filter nicht eignen. Es gelang Bechhold, Filter herzustellen, deren Poren bis unterhalb 5 milliontel Millimeter Durchmesser liegen, und zwar in solcher Abstufung, daß man von einem Kolloide die gröberen Teile abfiltrieren kann, während die feineren zurückbleiben. Bechhold hat eine höchst geistreiche Methode ersonnen, um die Porengröße der Filter ganz exakt ermitteln zu können. Abgesehen von der praktischen Seite liegt die Bedeutung seiner Methode darin, daß sie eine von dem Ultramikroskop unabhängige Bestimmung der Größe der Kolloidteilchen gestattet, was eine willkommene und richtige Kontrolle darbietet.

Das theoretisch wichtigste Ergebnis der Forschungen nach der Größe der Teilchen der kolloiden Lösungen ist, daß diese Teilchen bis zu der Größenordnung der Moleküle hinabreichen. Prof. Lorenz bringt eine Übersicht über diese Größenordnungen, wobei allerdings nicht der Mensch, aber ein ihm an Größe nahekommender Komplex das „Maß aller Dinge" bildet.*)



Kolloides Silber- und Wasserstoffmolekül entsprechend vergrößert.



Zwei aufeinanderfolgende Momentaufnahmen einer Zinnobersuspension. Da die Teilchen in Bewegung sind, erhält man von jedem zwei Punkte auf der Platte. Die zusammengehörigen Punkte sind umgrenzt.

Block	2	m	bis 20		cm
Geröll	20	cm	„	2	cm
Kies	20	mm	„	2	mm
Sand	2	mm	„	0·2	mm
Feines Geschiebe	0·2	mm	„	0·02	mm
Lehm (Letten)	0·02	mm	„	0·002	mm
Ton		kleiner als		0·002	mm

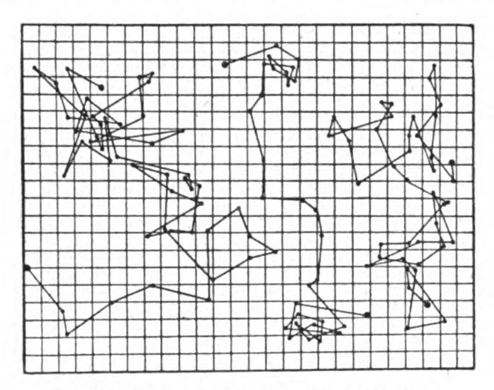
Wellenlänge des Lichtes 1 bis 0·1 μ
Blutkörperchen, Durchmesser 7 5 μ
gemahlene Stärke 8 bis 3 μ
Milzbrandbazillus, Länge 15 bis 0·5 μ
" , Breite 1 μ
absetzende Goldteilchen 200 bis 75 μμ
kolloidale Goldlösung 16 bis 6 μμ
Stärkemolekel 5 μμ
Chloroformmolekel 0·8 μμ
Alkoholmolekel 0·7 μμ
Wasserstoffmolekel 0·1 μμ

Da sich derartige „Größen" unserer Vorstellung noch viel mehr entziehen als die am entgegengesetzten Ende der Reihe liegenden Größen der Himmelskörper, so wird folgende Veranschaulichung willkommen sein. Eine Kugel von 1 Zentimeter Durchmesser stelle ein kolloides Silberteilchen von 10 μμ (Milliontel Millimeter) Durch-

*) Siehe Prof. Dr. E. Regener, Die Naturwissenschaften, 1. Jahrg., Heft 13.
**) Die Umschau 1913, Nr. 3.

*) 1 μ = 0·001 mm, 1 μμ = 0·001 μ = 0·000 001 mm.

messer dar, wie es noch ultramikroskopisch erkennbar ist. Dann stellt ein Punkt von 0·1 Millimeter Durchmesser die Größe der Wasserstoffmoleküle dar. Zwischen diesen beiden Größen liegen die

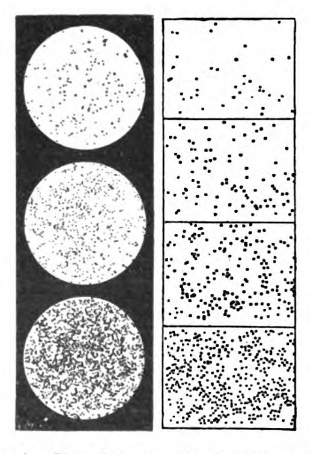


Die Zickzackbewegungen kleiner suspendierter Teilchen.

molekularen Dimensionen. Wollten wir in demselben Maßstabe einen Milzbrandbazillus, dessen Maße oben angegeben sind, darstellen, so würden wir eine Säule von 15 Meter Länge und 1 Meter Breite erhalten. Ein Blutkörperchen — ihrer gehen etwa fünf Millionen auf 1 Kubikzentimeter Blut — bekäme bei diesem Maßstabe 7·5 Meter Durchmesser, eine Maus wäre etwa 100 Kilometer lang. Ein 1·70 Meter großer Mensch besäße die Länge von 1700 Kilometer, und der Eiffelturm würde gerade ungefähr von der Erde bis zum Monde reichen. Woraus ersichtlich, daß die menschlichen Dimensionen gegen die kolloiden Teile und die Moleküle gerade so weit abliegen, wie gewisse kosmische vom Menschen.

Der für die Realität der Moleküle wichtigste, weil beweiskräftigste Umstand ist die Tatsache, daß die kleinsten erkennbaren Teilchen sich in immerwährender Bewegung befinden. Diese Bewegung kleiner Teilchen, die in Flüssigkeiten schweben, als sog. Brownsche Molekularbewegung bekannt, wurde schon 1827 von Brown entdeckt. Sie läßt sich auf der Platte fixieren. Unsere Figur zeigt zwei aufeinander folgende Momentaufnahmen von schwebenden Zinnoberteilchen auf derselben. Die als identisch erkannten Teilchen sind durch kleine Dreiecke und Kreise eingeschlossen; ihre Fortbewegung während der zwischen den Aufnahmen verflossenen Zeit ist sichtbar und meßbar. Der Physiker Einstein hatte in einer grundlegenden Arbeit „Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" die Gesetzmäßigkeiten der Bewegungen eines kleinen Teilchens von der ungefähren Größe der Moleküle berechnet. Aber erst Perrin gelang es, den vollständigen empirischen Beweis für die Richtigkeit des Gesetzes von Einstein zu geben. Er experimentierte dabei mit den etwa tausendmal größeren Gummigutt- und Mastixkörnern, da nach allen bisherigen Untersuchungen die absolute Größe der Geschwindigkeit eines kolloiden Teilchens während ihrer Raschheit nicht direkt meßbar war. Bei Anwendung von Teilchen aber, die einen Durchmesser von 90 bis 100 μ besitzen, wird diese Messung direkt ausführbar. Perrin zeichnete die Wege, die ein einzelnes Teilchen zurücklegt, von 30 zu 30 Sekunden auf Millimeterpapier ein. Nachdem die so erhaltenen Punkte durch Linien miteinander verbunden waren, erhielt man eine Zeichnung, die leicht erkennen läßt, wie verwickelt die Bewegungen eines solchen Teilchens sind. Was in der Figur als gerade Linie erscheint, ist natürlich in Wirklichkeit ebenfalls wieder ein System ähnlicher, in den dazwischen liegenden Sekunden ausgeführter viel kleinerer Zickzackbewegungen. Mit Hilfe genauer Beobachtung dieser Bewegungen, wie Perrin sie anstellte, kann man die absolute Gültigkeit des Gesetzes von Einstein kontrollieren.

Eine merkwürdige Übereinstimmung zeigen die kolloiden Lösungen in der Verteilung der Suspensionsteilchen mit dem barometrischen Höhengesetz. Letzteres erklärt die bekannte rasche Abnahme des Luftdruckes in den höheren Regionen unserer Atmosphäre dadurch, daß sich ein Gleichgewichtszustand zwischen dem Expansionsbestreben der Luft und der Schwerkraft, die auf jedes einzelne Luftteilchen wirkt, ausbildet. Das Ergebnis ist die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe, wie es im barometischen Höhengesetz zum Ausdruck gebracht ist. Etwas durchaus Entsprechendes vollzieht sich nach Perrin in den Suspensionskolloiden. In dem mit einem Suspensionskolloid gefüllten Zylinder spielt sich folgendes ab: Infolge ihrer Molekularbewegung üben die Teilchen einen osmotischen Druck aus, der um so stärker wird, je größer die Konzentration der Teilchen ist. Je größer der osmotische Druck, desto größer ist aber auch das Expansionsbestreben der Teilchen. Anderseits wirkt die Schwerkraft auf jedes Teilchen, was erkennbar wird in ihrem Bestreben hinabzusinken. Sind die Teilchen ursprünglich gleichmäßig in der Flüssigkeit verteilt, so wird infolge ihres Herabsinkens



Die Abnahme der Dichtigkeit einer Mastixsuspension mit der Höhe. (Abstand der Niveaus je 12 μ.)

die Konzentration im unteren Teile des Zylinders am größten werden; dort wird also der osmotische Druck steigen, während er in den oberen Teilen des Zylinders, wo sich die Zahl der Teilchen vermindert, sinkt. Der osmotische Druck treibt also

im Zylinder die Teilchen von unten nach oben, während die Schwerkraft sie von oben nach unten zieht. Dadurch wird sich in den verschiedenen Höhen des Gefäßes ein Gleichgewichtszustand zwischen Fallkraft und osmotischem Druck ausbilden, der dazu führt, daß die Zahl der Teilchen in ganz bestimmter Weise von unten nach oben abnimmt. Ein dem barometischen Höhengesetz entsprechendes Gesetz muß also für die kolloiden Lösungen gelten.

Vermittelst einer sehr sinnreichen Vorrichtung prüfte Perrin diese Verhältnisse unter dem Mikroskop und fand sie bestätigt. Anfangs nach der Neufüllung der Kammer mit der Mastixsuspension ist die Verteilung in den verschiedenen Höhenschichten ungefähr die gleiche. Nach einigen Minuten schon werden die unteren Partien auf Kosten der oberen teilchenreicher. Zählt man nun aus, so findet man das Verhältnis der Teilchenzahl zwischen zwei Höhen einige Zeit noch veränderlich, schließlich nach drei Stunden tritt Beständigkeit ein, so daß auch nach 15 Tagen keinerlei Veränderung mehr wahrnehmbar ist. Die Zahl der in den verschiedenen Höhen gezählten Teilchen steht dann im Verhältnis einer geometrischen Reihe, wie es die barometrische Höhenformel erfordert. Die Abnahme der Teilchenzahl bis zur halben Konzentration, die bei unserer Atmosphäre in einer Höhe von 6 Kilometern erreicht ist, zeigt sich hier in einer Höhe von 0·1 Millimeter.

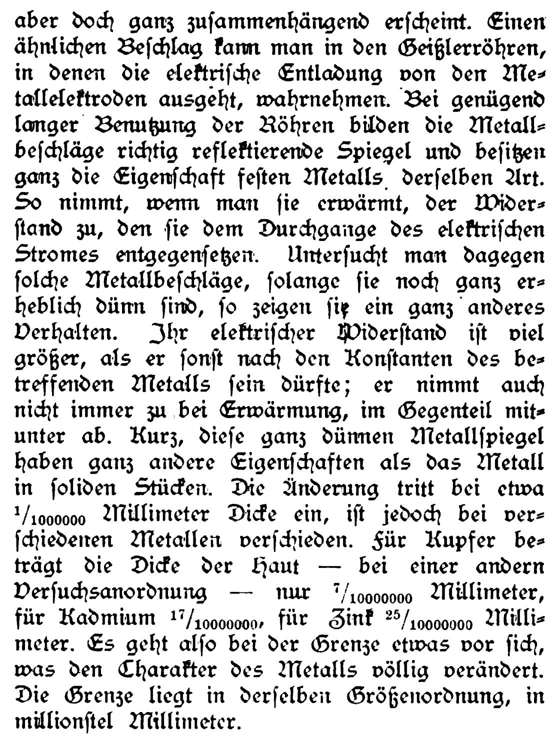
Die experimentelle Bestätigung der Folgerungen, die aus der kinetischen Gastheorie hergeleitet sind, bildet eine starke Stütze der früher nur hypothetischen Vorstellung, daß die Materie aus kleinsten Teilchen besteht, die durch ihre immerwährende Bewegung gleichzeitig eine Energieform repräsentieren.

Der Aufbau der Materie, eines der interessantesten wissenschaftlichen Probleme, ist von H. J. Engländer auf Grund der Teilbarkeit der Materie beleuchtet worden.*) Für diese Teilbarkeit werden eine Anzahl z. T. bekannter Beispiele gegeben.

Dem Goldschläger wird es nicht schwer, aus einem winzigen Goldwürfel von 1 Kubikmillimeter durch Hämmern eine Goldhaut herzustellen, die über 10 000 Quadratmillimeter Fläche auseinander geht. Diese Haut kann, wie leicht zu berechnen, nicht dicker als $^1/_{10000}$ Millimeter sein. Einen Würfel von dieser Kantenlänge könnte man mittelst des Mikroskops wohl noch sehen, seine Umrisse jedoch nicht mehr erkennen.

Ist nun dieser Ausbreitung eine Schranke gesetzt, oder kann man sie unbegrenzt fortsetzen? Letzteres ist nicht der Fall. Wir können die Materie auch nicht bis in alle Unendlichkeit hinein teilen. Schon heute gelangen wir leicht an die Grenzen der Teilbarkeit, unterschreiten wir sie, dann zeigen die Stoffe ganz andere Eigenschaften als die, aus denen sie entstanden sind.

Auf der Innenwand einer elektrischen Glühbirne, die schon sehr lange in Gebrauch ist, kann man einen feinen braunen Überzug wahrnehmen, der zwar das Licht etwas geschwächt durchläßt,



aber doch ganz zusammenhängend erscheint. Einen ähnlichen Beschlag kann man in den Geißlerröhren, in denen die elektrische Entladung von den Metallelektroden ausgeht, wahrnehmen. Bei genügend langer Benutzung der Röhren bilden die Metallbeschläge richtig reflektierende Spiegel und besitzen ganz die Eigenschaft festen Metalls derselben Art. So nimmt, wenn man sie erwärmt, der Widerstand zu, den sie dem Durchgange des elektrischen Stromes entgegensetzen. Untersucht man dagegen solche Metallbeschläge, solange sie noch ganz erheblich dünn sind, so zeigen sie ein ganz anderes Verhalten. Ihr elektrischer Widerstand ist viel größer, als er sonst nach den Konstanten des betreffenden Metalls sein dürfte; er nimmt auch nicht immer zu bei Erwärmung, im Gegenteil mitunter ab. Kurz, diese ganz dünnen Metallspiegel haben ganz andere Eigenschaften als das Metall in soliden Stücken. Die Änderung tritt bei etwa $^1/_{1000000}$ Millimeter Dicke ein, ist jedoch bei verschiedenen Metallen verschieden. Für Kupfer beträgt die Dicke der Haut — bei einer andern Versuchsanordnung — nur $^7/_{10000000}$ Millimeter, für Kadmium $^{17}/_{10000000}$, für Zink $^{25}/_{10000000}$ Millimeter. Es geht also bei der Grenze etwas vor sich, was den Charakter des Metalls völlig verändert. Die Grenze liegt in derselben Größenordnung, in millionstel Millimeter.

Man kann sich die Sache anschaulich machen an einem ganz einfachen Experiment, das jedermann anstellen kann, nämlich an Ölhäuten auf Wasser. Ein Tröpfchen Öl, auf eine fettfreie Wasserschicht getupft, breitet sich sehr schnell aus und bedeckt das Wasser in einer immer dünner werdenden Haut weithin. Schräg darauf sehend, erkennt man sie in ihrem besonderen Glanz und bemerkt auch, daß diese Haut plötzlich Löcher bekommt, die einen gefransten Rand haben. Die Löcher werden immer größer, und die Haut löst sich schließlich in einzelne Fetzen auf, die nach und nach unsichtbar werden.

Die Dicke, bei der die Haut reißt, läßt sich ausrechnen. Da die Löcher in der Ölhaut überall gleichzeitig auftreten, so muß man annehmen, daß sie überall gleichmäßig dick ist, eine Annahme, die sich bei genaueren Nachforschungen auch bestätigt hat. Kennt man nun die Größe des Tropfens und mißt den Durchmesser der Ölhaut, so kann man leicht ausrechnen, wie dick sie noch sein kann. Macht man das Experiment mit Rüb- oder Olivenöl, so findet man, daß die Schichtdicke beim Löcherigwerden der Haut ungefähr $^1/_{10000}$ Millimeter ist. Einzelne Teilchen von dieser Größe könnte man garnicht mehr sehen, wenigstens nicht mehr in ihren Umrissen erkennen; dafür müßten sie mindestens $^2/_{10000}$ Millimeter groß sein. Jene kleinen Teilchen würden also unterhalb der Grenze des mikroskopischen Sehens liegen und doch immer noch die gewöhnlichen Eigenschaften der Materie zeigen.

Bei genauerer Prüfung ergibt sich nun, daß an denjenigen Stellen, wo die Löcher auftreten, in Wirklichkeit noch Öl vorhanden und daß die Ölhaut auf dem Wasser auch dort noch nicht unterbrochen ist. Das läßt sich durch folgenden, von Lord Rayleigh angegebenen Versuch nach-

*) Das Weltall, 13. Jahrg. (1913), Heft 24.



weisen. Er hatte gemerkt, daß kleine auf Wasser geworfene Kampferstückchen nicht ruhig schwimmen, sondern in unruhige Bewegung geraten. Auf Öl dagegen schwimmt der Kampfer ruhig. Man kann also, wenn man Kampfer auf die löchrigen Stellen der Ölhaut wirft, erkennen, ob dort noch Öl vorhanden ist oder nicht. Es zeigt sich nun, daß die Kampferstückchen selbst auf den scheinbar ölfreien Löcherstellen noch in Ruhe bleiben, sicher deshalb, weil sie auch dort noch auf Öl ruhen. Zu große Stücke, die an einigen Stellen mit den Kanten und Ecken die Ölhaut durchschneiden und mit dem Wasser in Berührung kommen, machen ganz schwache Bewegungen. Die Ölhaut ist also an den löcherigen Stellen immer noch vorhanden, wenn auch sehr viel dünner. Nach Oberbecks Untersuchungen hat die unsichtbare Ölhaut in den Löchern höchstens etwa $^{2}/_{100000}$ Millimeter Dicke. Doch auch diese unsichtbare Haut vermag sich noch mehr auszubreiten, bis eine Dicke von $^{2}/_{1000000}$ Millimetern erreicht ist. Dann fangen Kampferstückchen an, ihre Bewegungen wieder auszuführen; auch andere Anzeichen lassen vermuten, daß von dieser Grenzdicke an die Haut bröcklig zu werden beginnt, aber immer noch vorhanden ist. Erst bei $^{1}/_{2}$ milliontel Millimeter konnte Röntgen, der sich mit derartigen Untersuchungen beschäftigt hat, von der Haut nichts mehr nachweisen, während Oberbeck sie noch bis zu $^{3}/_{10000000}$ Millimeter Dicke zu verfolgen imstande war.

Es ist höchst bemerkenswert, daß sich die Dicke der Haut von etwa $^{1}/_{10000}$ plötzlich auf $^{2}/_{100000}$ vermindert. Bei dieser Grenze geht offenbar mit dem Stoff schon etwas vor sich, was ihn ganz wesentlich verändert. Bei der Grenze, bei der die Haut bröckelig wird, muß er ganz zerfallen, und wir können uns vorstellen, daß er sich in einzelne Körnchen auflöst, die nun frei werden und sich unabhängig voneinander bewegen.

Versuche mit Seifenhäutchen, deren Dicke aus ihrer Färbung leicht zu bestimmen ist, führen zu demselben Ergebnis; die roten Stellen sind die dicksten, die blauen die dünnsten. Der Einfachheit halber benutzt man nicht Seifenblasen, sondern ebene Häute, indem man ein Rechteck aus Draht in die Seifenwasserlösung taucht und wieder herauszieht. Zwischen den Drahtseiten breitet sich dann eine Flüssigkeitshaut aus, deren einzelne Teile natürlich dem Gesetz der Schwere unterliegen. Hält man die Haut so, daß sie gewissermaßen auf der hohen Kante steht, so fließt die Flüssigkeit nach unten, oben wird die Haut dünner und kommt dort zuerst in die Gefahr zu platzen. Kurz nach dem Herausziehen stellen sich oben die farbigen Streifen ein, die als die Newtonschen „Farben dünner Blättchen“ bezeichnet werden. Diese wandern nach unten, wobei man erkennt, daß die Haut von oben nach unten an Dicke abnimmt, entsprechend dem Abfließen der Lösung. Die Haut bekommt also einen keilförmigen Querschnitt (von vorn nach hinten), und dieser wird schließlich oben so dünn, daß sich die vorhin sogenannten „Löcher“ mit den gefransten Rändern bilden, bis die Haut platzt.

Auch hier läßt sich wieder durch Messung des elektrischen Leitungswiderstandes die Dicke der Haut feststellen. Das Gesetz, nach dem Widerstand und Stromstärke von einander abhängen, gilt überall in den sichtbaren Teilen der Flüssigkeitshaut, so daß man annehmen muß, hier sei der Körper so beschaffen, wie sonst andere Körper auch sind. Nicht so an den als „Löcher“ bezeichneten Stellen. Da sie den Strom immer noch leiten, sind sie offenbar keine wirklichen Löcher. Daß die Materie in ihnen aber besondere Eigenschaften hat, folgt daraus, daß das bekannte Widerstandsgesetz hier nicht mehr gilt. Der Leitungswiderstand ist in den Löchern sehr viel größer, als er sein dürfte, wenn dort die Materie selbst in der genannten dünnen Verteilung, aber in der sonstigen soliden Anhäufung vorhanden wäre. Aus dem Leitungswiderstande berechnet, ergab sich als Dicke der dünnsten sichtbaren Haut $^{5}/_{100000}$ Millimeter, als Dicke des unsichtbaren Teiles, in dem das Widerstandsgesetz noch gilt, $^{1}/_{100000}$ Millimeter. Bei Seifenwasser war also die Grenze niedriger als bei Öl.

Wir kommen also auf ganz verschiedenen Wegen stets auf ungefähr denselben Wert, bei dem der Zusammenhang der einzelnen Teile sich löst, bei dem ein Grenzfall eintritt. Noch viel überraschender aber zeigt sich das bei einer von Lord Kelvin angegebenen Methode.

Wollen wir ein Kilogramm Wasser bei Zimmertemperatur in Dampf verwandeln, so brauchen wir dazu 570 Kalorien*) Wärme. Man hat nun festgestellt, daß die Wärmemenge einer Kalorie gleichwertig ist der Arbeit, die geleistet wird, wenn wir 427 Kilogramm um 1 Meter heben, also gleich 427 Meterkilogramm. 570 Kalorien sind gleichwertig einer mechanischen Arbeitsleistung von 243 390 Meterkilogramm.

Verwandelt man Wasser in Dampf, so tut man nichts anderes, als daß man durch Energiezufuhr den festen Zusammenhalt der Wasserteilchen lockert und den Körper in seine kleinsten Teile auflöst. Das kann aber noch auf andere Weise geschehen. Man braucht nämlich nur 1 Kilogramm Wasser in feine Häute auseinanderzuziehen bis zu der Grenze, bei der festgestelltermaßen die Haut bröckelig wird, ihr Zusammenhalt sich löst. Dazu bedarf es einer gewissen mechanischen Arbeit, weil nämlich jede Flüssigkeitshaut eine gewisse Spannung besitzt, die durch ein bestimmtes Maß von Arbeit überwunden werden muß. Man kann diese Spannung der Wasserhaut direkt mit der Wage bestimmen, auswiegen. Rechnet man dann zusammen, welche Arbeit es verursacht, um einen Würfel Wasser von 1 Kilogramm Gewicht in Häute von $^{1}/_{10000000}$ Millimeter Dicke auszuziehen, so kommt man dabei auf eine Leistung von 243 390 Meterkilogramm oder 570 Kalorien. Das ist etwa so viel, wie nötig ist, um einen kleinen D-Zug mit Lokomotive 1 Meter hoch zu heben. Ob wir das Wasser durch Wärmezufuhr verdampfen oder durch mechanische Kraft zu dünnen Häuten von der genannten Dicke auseinanderziehen: in beiden Fällen wird die gleiche Energiemenge verbraucht, um den Körper in kleinste Bestandteile zu zerlegen,

*) Eine große Kalorie ist diejenige Wärmemenge, die nötig ist, um 1 Kilogramm Wasser von 15 Grad auf 16 zu erwärmen.



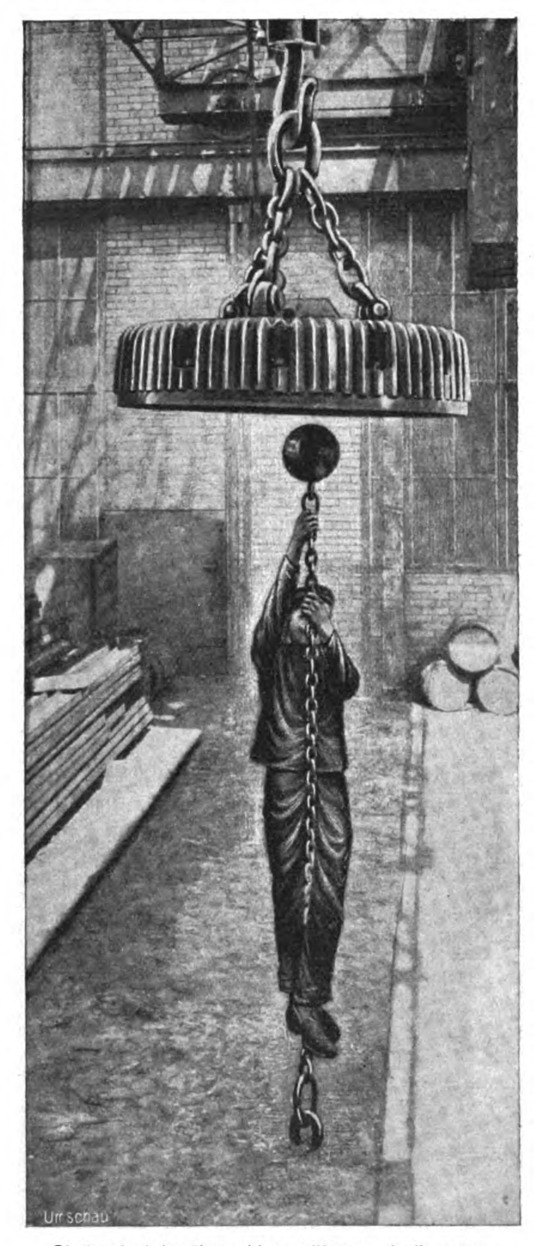
mit denen wir an der Grenze der Teilbarkeit angelangt sind, nämlich da, wo die Materie in ihre körnigen Bestandteile zerlegt wird.

In der eingangs besprochenen Arbeit führt Prof. R. Lorenz an einigen Beispielen aus, wieweit die Teilung der Materie experimentell verwirklicht werden kann. Durch mikrochemische Reaktion ist 0·001 Milligramm Blausäure nachweisbar. Bunsen zeigte, daß die kleinste Menge Kochsalz, die durch die Spektralanalyse noch nachzuweisen ist, etwa 0·0000003 Milligramm beträgt. 0·00000001 Milligramm Methylenblau läßt sich in einem Kubikzentimeter Wasser noch an der Farbe nachweisen. In der gleichen Flüssigkeitsmenge konnte W. Spring 0·000000000001 Milligramm Fluoreszin an der grünen Fluoreszenz dieses Stoffes erkennen. Noch hundertmal kleiner ist die kleinste Menge Moschus, die durch den Geruch noch wahrnehmbar ist. — Von hervorragender Wichtigkeit ist folgende Untersuchung von J. Königsberger und W. J. Müller. Die geringste Menge Bleisuperoxyd, die optisch deutlich wahrnehmbar das Reflexionsvermögen eines Platinspiegels beeinflußt, ist 0·00078 Milligramm pro Quadratzentimeter Spiegeloberfläche. Da die Menge, wie optisch nachweisbar, gleichmäßig verteilt ist, so entspricht dies einer Schichtdicke von 84 milliontel Millimeter. Die Berechnung aus den molekularen Dimensionen ergibt, daß einer Schicht Bleisuperoxyd von molekularer Dicke und ein Quadratzentimeter Fläche das Gewicht von 0·00032 Milligramm zukommen würde.

Metalle und Elemente.

Die merkwürdige Verknüpfung von Elektrizität und Magnetismus und die gewaltigen Kräfte, welche sie uns zur Verfügung stellt, lassen sich an einem vor einiger Zeit ausgeführten Experiment hübsch veranschaulichen. An einem Riesenelektromagneten, einem Bestandteil eines Krans, mit dem schwere Eisenlasten gehoben und transportiert werden, ist magnetisch eine schwere Kette aufgerichtet, die mit einem Ende im Erdboden verankert ist, während am andern Ende eine Eisenkugel befestigt ist. Die Anziehungskraft des Magneten auf die Kugel ist dann so gewaltig, daß die Kette straffgezogen wird, ohne daß Magnet und Kugel sich berühren. Selbst das Gewicht eines in Kletterstellung an der Kette hängenden Mannes vermag die Kugel noch nicht vom Magneten zu entfernen.

Die Erforschung des Magnetismus hat sich neuerdings an Legierungen verschiedener Metalle betätigt. A. Preuß hat die magnetischen Eigenschaften der Eisen-Kobalt-Legierungen untersucht und gefunden, daß bei der Legierung von 10 Prozent Kobalt mit 90 Prozent Eisen die Sättigungsintensität unterhalb derjenigen des reinen Eisens liegt, dann aber mit steigendem Kobaltgehalt beträchtlich steigt und bei ungefähr 34 Prozent Kobalt den Höhepunkt erreicht, der etwa 10 Prozent höher liegt als bei reinem Eisen. Letzterer Legierung entspricht genau die chemische Verbindung Fe_2Co. Damit ist die bisherige allgemeine Annahme, daß reines Eisen die höchste Magnetisierbarkeit besitzt und seine Legierung mit andern Stoffen die Magnetisierbarkeit stets herabsetzt, als falsch erwiesen. Bei den von O. Bloch untersuchten Nickel-Kobalt-Legierungen liegen die Verhältnisse



Die Kugel mit der Kette wird vom Magneten straff gehalten, ohne daß sie ihn berührt.

viel einfacher: Beide Metalle verhalten sich magnetisch wie zwei vollständig ineinander lösliche Bestandteile; die Sättigungsintensität ändert sich linear mit dem Prozentgehalt. Eisen-Siliziumlegierungen mit mehreren Prozent Silizium besitzen magnetische Eigenschaften, die denen reinen Eisens kaum nachstehen, während ihr spezifischer elektrischer Widerstand viel höher ist als der reinen Eisens. Dieses sogenannte „legierte" Blech, das

inzwischen im Transformatorenbau das gewöhnliche Material fast ganz verdrängt hat, erwies sich auch in magnetischer Beziehung, wenigstens bei den niedrigeren Feldstärken, als hervorragend gut. In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angestellte Versuche lassen schließen, daß diese Wirkung des Siliziums nicht eine direkte, sondern eine indirekte ist, indem es den ungemein schädlichen Einfluß des Kohlenstoffs, der ja auch als Verunreinigung stets im Eisen vorhanden ist, dadurch ausgleicht, daß es seine Ausscheidung in Form von unschädlicher Temperakohle veranlaßt. Versuche mit Eisen-Kohlenstoff-Legierungen lassen erkennen, daß proportional dem im Eisen gelösten Anteil des Kohlenstoffs die Remanenz*) sinkt, die Koerzitivkraft*) und der spezifische elektrische Widerstand steigen. Somit ist, wenigstens bei reinen Kohlenstoffstählen, die für die Herstellung permanenter Magnete so sehr erwünschte Vereinigung von hoher Remanenz und hoher Koerzitivkraft prinzipiell ausgeschlossen. Wohl aber läßt sich nunmehr je nach der Gestalt der herzustellenden Magnete im voraus bestimmen, welcher Kohlenstoffgehalt und welche Härtungstemperatur die günstigsten Ergebnisse liefern wird (s. E. Gumlich, Ref. in Naturwissenschaften 1913, Heft 9).

Von der Tatsache, daß sich, wie beim Magnetisierungsvorgange erkennbar, die Metalle aus einem Haufwerk kleiner Kristalle zusammensetzen, geht Dr. F. Credner**) in der Besprechung einiger elektrischer Eigenschaften der Metalle aus. Von diesen Kriställchen gehen etwa 1000 auf 1 Kubikmillimeter. Das kann man erkennen, wenn man ein Metallstück anschleift und die angeschliffene Fläche gut poliert. Hierauf befeuchtet man sie mit einer Säure oder mit einer andern das Metall angreifenden Flüssigkeit, wodurch die kleinsten Kristalltrümmer und -flitterchen von der Oberfläche abgelöst und die eigentlichen Kristalle enthüllt werden. Unter dem Mikroskop bei einer geeigneten Beleuchtungsvorrichtung besehen, lassen sich die Kristalle nun erkennen (s. Abb.).

Für die elastischen Eigenschaften der Metalle ist zunächst von größter Bedeutung die Fähigkeit eines Kristalls, „Gleitflächen" zu bilden, d. h. durch geeigneten Druck sich nach einer oder mehreren Kristallflächen mit mehr oder weniger großer Leichtigkeit in Lamellen aufzuteilen. Dieser Vorgang ist etwa der gleiche, wie wenn man einen Stoß Spielkarten, der ursprünglich einen Quader bildete, zu einem Rhomboeder verschiebt. Will man diese Fähigkeit der Kristalle, Gleitflächen zu bilden, in einem Metallstück untersuchen, so stellt man sich aus dem Metall einen Würfel von etwa 1 Zentimeter Kantenlänge her, poliert eine seiner Flächen und bringt ihn in eine schraubstockähnliche Preßvorrichtung, welche gestattet, die auftretenden Drucke zu messen. Während des Pressens beobachtet man die polierte Würfelfläche, die parallel zur wirkenden Kraft liegt, mit einem Mikroskop. Ist nun der Druck so groß, daß die Kristalle des Metalls anfangen, sich in Lamellen aufzuteilen, so wird dies durch das Auftreten paralleler Linienstücke auf der polierten Fläche sichtbar werden. Diese sogenannten Gleitlinien sind gegeben durch den Schnitt der Gleitflächen mit der begrenzenden Würfelfläche. Betrachtet man das Mikrophotogramm einer solchen Gleitflächenbildung, so sieht man deutlich (z. B. an gepreßtem, elektrolytisch niedergeschlagenem Kupfer) die ursprünglichen Kristalle in Form langer Balken. Jeder der Balken ist von unten bis oben aufgeteilt in gleich dicke Lamellen. In dem Augenblick, wo sich diese Lamellen bilden, tritt im Würfel eine dauernde Formveränderung ein, für die also das Auftreten der Gleitlinien ein außerordentlich wichtiges und empfindliches Charakteristikum bildet.

Mit Hilfe dieser Kenntnisse untersuchen wir nun die Festigkeit eines Würfels, z. B. eines Kupferwürfels, der zuvor eine halbe Stunde auf etwa 800° erhitzt sei und wieder 1 Zentimeter Kantenlänge habe. Unter der Preßvorrichtung zeigt er bei ungefähr 200 Kilogramm auf das Quadratzentimeter Druck die ersten, vorwiegend senkrecht zur Druckrichtung liegenden Gleitlinien. Wir pressen weiter bis etwa 300 Kilogramm-Quadratzentimeter; es treten dann noch einige Scharen von Gleitlinien auf, die zu den zuerst beobachteten mehr oder minder geneigt sind. Nun nehmen wir den Würfel aus der Preßvorrichtung und polieren ihn aufs neue, so daß alle Gleitlinien verschwinden. Pressen wir ihn nun abermals, so machen wir die merkwürdige Beobachtung, daß Gleitlinien nicht wie vorhin bei 200 Kilogramm-Quadratzentimeter erscheinen, sondern erst bei 300 Kilogramm-Quadratzentimeter. Bei mehrfacher Wiederholung des Experiments läßt sich immer feststellen, daß die Gleitlinien erst dann erscheinen, wenn der Druck so groß geworden ist, wie der, dem der Würfel schon früher einmal unterlag. Stark ausgeglühtes Kupfer fängt immer bei 200 Kilogramm-Quadratzentimeter an, sich zu deformieren. Bei einem Druck von ungefähr 2800 Kilogramm-Quadratzentimeter treten die Gleitlinien unter allen Umständen auf.

Verstehen wir unter Festigkeit des Metalls den Druck, bei dem die erste (durch Auftreten der Gleitlinien sich ankündigende) bleibende Deformation (Formänderung) auftritt, so zeigt es sich nach obigen Beobachtungen, daß Metall durch Pressen fester wird. Kupfer beginnt ausgeglüht bei 200 Kilogramm-Quadratzentimeter zu deformieren und tut dies bei 2800 Kilogramm-Quadratzentimeter unter allen Umständen, wie sehr es auch vorher gepreßt oder sonst bearbeitet sei. Man nennt diese beiden ausgezeichneten Drucke die „untere" und die „obere" Elastizitätsgrenze des Kupfers, und bestimmt bei andern Metallen diese Werte in ganz derselben Weise.

Die Fähigkeit eines metallischen Kristalls, Gleitflächen zu bilden, ist noch in einer andern Hinsicht von Wichtigkeit. Diejenige Eigenschaft der Metalle, die der Mensch neben ihrer Festigkeit noch besonders schätzt, ist ihre Plastizität. Fast

*) Der beim Elektromagneten bei Unterbrechung des Stroms im Eisenkern bei anliegendem Anker zurückbleibende Magnetismus; Koerzitivkraft ist der Widerstand, den im Stahl beim Magnetisieren die Moleküle der Drehung nach einer Richtung entgegensetzen.

**) Die Umschau 1913, Nr. 34.



alle Bearbeitungsweisen der Metalle stellen gerade an diese Eigenschaft die weitestgehenden Forderungen. Zahllose Gegenstände des täglichen Lebens werden durch Stanzen und Pressen, Biegen und Schmieden hergestellt; wir walzen aus Blöcken dünne Bleche und ziehen die feinsten Drähte aus dicken Stangen. Dies alles wäre unmöglich, wenn die Metalle nicht durch Gleitflächensysteme die Geschmeidigkeit erlangen könnten, lückenlos die aufgezwungenen Formen zu füllen. Im Gegensatz dazu steht eine Reihe von Legierungen, die durch ihre sonstigen physikalischen Eigenschaften zum Universalmaterial geradezu prädestiniert wären, die aber für uns wertlos werden, weil sie infolge ihrer Unfähigkeit, Gleitflächen zu bilden, unter dem Hammer zu Staub zerfallen.

Eine merkwürdige, schon länger bekannte Tatsache, das Wachsen des Gußeisens, hat kürzlich vornehmlich durch Untersuchungen der Victoria University in Manchester ihre Aufklärung gefunden. Ganz im Gegensatz zu den sonst bei Erwärmung und Abkühlung bekannten Tatsachen steht die Erscheinung, daß graues Gußeisen, wiederholt erhitzt oder hoch überhitztem Dampf ausgesetzt, nach der Abkühlung wächst und an Gewicht zunimmt. Bei etwa 900° Erhitzung tritt diese Erscheinung, die in der Praxis sehr üble Folgen hervorrufen kann, am sichtlichsten hervor. Kleine Probekörper des Gußeisens wurden in allseitig geschlossener Muffel 50 bis 100 mal je 4 Stunden auf etwa 900° C erhitzt und vermehrten dabei ihr Volumen und ihr Gewicht, letzteres ganz bedeutend um 7·8 bis 8·6 Prozent. Versuche mit Probekörpern von wesentlich anderer Zusammensetzung ergaben, daß bei dem Wachstum nur die Gewichtszunahmen des Eisens und des Siliziums die Hauptrolle spielen, indem aus Eisen-Silizium unter Einwirkung oxydierender Gase Eisenoxyd und Kieselsäure wird. Wurde dagegen das Glühen bei Abwesenheit dieser Gase, im luftleeren Raum, vorgenommen, so entstanden nur ganz geringfügige Änderungen an den Probekörpern. Diese Versuche haben auch zur Entdeckung von Eisenlegierungen geführt, bei denen das Wachsen des Eisens viel kleiner war. Bei einer Sorte, die 2·66 Prozent Kohlenstoff, 0·58 Prozent Silizium und 1·64 Prozent Mangan enthielt, war nach 151maligem Erhitzen sogar ein Schwinden des Eisens festzustellen. Sie würde sich also besonders da zur Anwendung eignen, wo ein Wachsen des Eisens unangenehm wäre, z. B. bei Walzen, Roststäben, Ventilen für hochüberhitzten Dampf und bei Dampfturbinengehäusen.

Im Bereich der selteneren Elemente sind neuerdings einige bemerkenswerte Entdeckungen gemacht worden. Schon vor Jahren glaubte der englische Chemiker Ramsay, bei der Einwirkung von Radiumemanation auf Wasser die Bildung des Edelgases Neon, bei Einwirkung der Emanation (Niton) auf Kupfersalzlösungen die Entstehung von Lithium beobachtet zu haben. Diese Beobachtungen schienen seinerzeit durch den Hinweis widerlegt, daß die Lithiumspuren aus den verwendeten Glasgefäßen stammen könnten, das Wasser aber nur Helium auftreten lasse, nicht Neon, wenn bei den Versuchen der Zutritt von Luft — die bekanntlich Neon enthält — sorgfältig vermieden wurde.

Neuerdings glaubt aber Ramsay seine Behauptung, daß Neon entsteht, wenn Niton (Radiumemanation) bei Gegenwart von Wasser zerfällt, mit besseren Beweisen stützen zu können. Er fand bei Untersuchung des Wassers der „Königsquelle" in Bath, das reich an Radiumsalz und Emanation ist und große Mengen von Gas abgibt, daß dieses Gas pro Liter 0·78mal so viel Argon, 188mal so viel Neon und 73mal so viel Helium enthält als ein Liter Luft. Die Anwesenheit einer so großen Neonmenge ist nach Ramsay nur durch Einwirkung von Niton auf Wasser erklärlich. Ein Laboratoriumsversuch führte zu demselben Ergebnis. Eine beträchtliche Menge Niton wurde mit etwa 5 Kubikzentimeter Thoriumnitratlösung in ein Gefäß eingeschmolzen, das Reaktionsgemisch nach zwei Jahren geöffnet und das entstandene Gas sorgfältig analysiert. Nach Ausschaltung der übrigen Gase blieb ein Gemenge von Helium und Neon zurück, das zu mindestens einem Drittel oder einem Viertel aus Neon bestand. Wollte man annehmen, daß das gefundene Neon aus der Luft stamme, so hätten mehr als 4 Kubikzentimeter Luft eindringen müssen, was nach Ramsay unmöglich ist. Neon muß also nach ihm durch Atomumwandlung entstanden sein.

Diese Atomumwandlung scheint auch durch neue Versuche Ramsays bestätigt zu werden*), die er zur Lösung der Frage anstellte, ob auch negativ geladene Teilchen eine solche Umwandlung hervorrufen können. Er benutzte vier alte, stark verfärbte Röntgenröhren, die zertrümmert und in ein Verbrennungsrohr gebracht wurden. Nach einmaligem sorgfältigen Auswaschen mit Sauerstoff wurden die Glassplitter auf Rotglut erhitzt und das abgegebene Gas gesammelt. Seine spektroskopische Untersuchung ergab ein glänzendes Heliumspektrum und einige Neonlinien. Entweder müßte während des Entladungsvorganges Helium und Neon durch das Glas in die Röhre eindringen können, nicht aber Sauerstoff und Stickstoff, oder es hat unter Einwirkung der Kathodenstrahlen irgend eine Atomumwandlung stattgefunden. Erstere Annahme wird auch durch Collie und Patterson widerlegt. Diese beiden Forscher haben nachgewiesen, daß sich in einem mit reinem Wasserstoffgas gefüllten Entladungsrohr Neon findet, nachdem die Entladung durch das Gas gegangen ist. Da durch besondere Versuche jedes andere Hineingelangen des Neons in die Röhre ausgeschlossen erscheint, glauben die Forscher annehmen zu dürfen, daß es sich um eine wirkliche, unter dem Einflusse der Entladung stattfindende Atomumwandlung handelt.

Nach einer andern Methode, die noch empfindlicher ist als die spektroskopische, scheint J. J. Thomson**) ein neues Element entdeckt zu haben. Er begegnete bei seinen Versuchen Spuren eines Gases von dem Atomgewicht 3, daß er mit X_3 bezeichnet hat. Um seine Entstehung zu stu-

*) Journal of Chimistry 1913, Heft 2; Ztschr. f. ang. Chemie 1913.

**) Nature, 13. Febr. 1913.



dieren, zugleich um festzustellen, ob es sich um dreiatomigen Wasserstoff oder um ein neues Element handelt, hat er weitere Versuche angestellt. Diese ergaben, daß unter den Umständen, die das Auftreten von X_3 begünstigen, stets auch Neon und Helium auftreten, namentlich dann, wenn Metalle von Kathodenstrahlen getroffen werden. Die Neubildung der drei Gase erschöpft sich schließlich, und zwar von Neon und Helium schneller als von X_3. Thomson schließt aus seinen und seiner drei Kollegen Versuchen, daß die Gase von Anfang an in den Elektroden der Röhren vorhanden waren und durch das bei der Entladung auftretende Bombardement befreit wurden. Er hält die Gase für so fest gebunden, daß sie durch Erhitzen nicht befreit werden. Bei den Experimenten Ramsays wären sie durch die Entladungen in den Röntgenröhren entbunden worden und dann in loserer Weise an den Glaswänden angelagert.

Daß der Zerfall der Atome und die daraus sich ergebende Entstehung neuer Elemente im Bereich der Wahrscheinlichkeit liegt, ergibt sich auch aus den interessanten Betrachtungen, die Prof. Dr. J. Stark über die wechselseitige Durchquerung chemischer Atome anstellt*). Während man noch vor anderthalb Jahrzehnten das Innere der chemischen Atome beinahe zusammenhängend mit Stoff erfüllt und für andere Atome undurchdringlich sich dachte, wurde diese einfache Auffassung vor allem durch Lenards Beobachtungen über den Durchgang schneller Kathodenstrahlen durch ziemlich dicke Substanzschichten, mithin zweifellos durch die chemischen Atome selbst, zuerst erschüttert. Die Erfahrung und die Theorie der Radioaktivität förderten auch die neue Anschauung von der Raumerfüllung des chemischen Atoms. Nachdem festgestellt war, daß aus chemischen Atomen α-Teilchen ausgestoßen werden können und dabei neue Atome sich bilden, konnte man sich das chemische Atom leicht als einen Aufbau aus einzelnen unterschiedlichen Teilchen mit Zwischenräumen vorstellen. Es entstand nun die Frage, ob diese Atomteile (negative Elektronen und positive Teile von der Größe des Heliumatoms) dicht nebeneinander gelagert oder aber, trotz fester Verbindung, doch durch verhältnismäßig große Zwischenräume voneinander getrennt sind. Die Tatsache der Durchquerung eines chemischen Atoms durch einen Kathodenstrahl gab noch keine sichere Antwort auf diese Frage; denn die negativen Elektronen, aus denen ja der Kathodenstrahl besteht, besitzen ja im Verhältnis zum Atom nur eine sehr kleine Masse, verlangen also deshalb vielleicht nur enge Lücken im Atomgefüge zu dessen Durchquerung.

Der von Rutherford geführte Nachweis, daß die α-Teilchen sehr schnelle Heliumatomionen sind, zeigte also, da man von den α-Strahlen schon wußte, daß sie chemische Atome zu durchqueren vermögen, daß das Heliumatom bei sehr großer Geschwindigkeit ein anderes chemisches Atom sogar zentral längs seines größten Durchmessers zu durchfliegen vermag.

*) Die Atomionen chemischer Elemente und ihre Kanalstrahlen-Spektra. Berlin, Springer, 1913.

Ferner ließ sich nachweisen, daß Kanalstrahlen, insbesondere Wasserstoffstrahlen, durch die oberste Schicht eines festen Körpers zu dringen vermögen. Da indes die hierbei von den Kanalstrahlen durchflogene Schicht sehr dünn ist, so ist nicht sicher, ob in dieser Erscheinung eine wechselseitige Durchquerung von Kanalstrahl und gestoßenem Atom mitwirkt. Denn leichter als eine Durchquerung des Atominnern ist eine Durchquerung der Kraftfelder zwischen benachbarten Molekülen im festen Körper oder der innermolekularen Kraftfelder zwischen den Atomen eines Moleküls. Das Eindringen von Kanalstrahlen in feste Körper erfolgt darum möglicherweise nur durch zwischen- und innermolekulare Kraftfelder.

Soll ein Atom ein anderes zentral oder in den äußeren Schichten durchqueren, so muß es auf dieses stoßen. Der Stoß eines Kanalstrahlenatoms auf ein ruhendes Gasatom wird in vielen Fällen dadurch der Beobachtung zugänglich, daß er von der Ausstrahlung der Serienlinien des beim Stoß ionisierten Atoms begleitet wird. Man kann nun folgende Überlegung anstellen. Stößt ein Kanalstrahl auf ein ruhendes Gasatom, ohne es zu durchqueren, so wird er auf das Atom eine gewisse Geschwindigkeit übertragen, die sich dem Beobachter des Spektrums in einer Verschiebung der Serienlinien kundgeben wird. Durchquert das Kanalstrahlenatom dagegen das ruhende Gasatom, so wird es dieses zwar ionisieren (elektrisch leitend machen) und zu einer Lichtausstrahlung veranlassen, ihm aber keine merkliche Geschwindigkeit erteilen; darum werden auch die von dem gestoßenen Atom ausgesandten Serienlinien keine Verschiebung zeigen, sondern in ihrer ganzen Intensität ruhend erscheinen.

Die Beobachtungen an den ruhenden Serienlinien in den Kanalstrahlen haben nun ergeben, daß der Stoß von H-, He-, O-, N-, Al-, S-, Cl-, Ar-, Hg-Strahlen*) auf ruhende Atome dieser Elemente selber oder auf H- und He-Atome nur ruhende Serienlinien liefert ohne eine merkbare an sie sich anschließende bewegte Intensität; woraus folgt, daß in allen diesen Fällen Kanalstrahlenatom und gestoßenes Atom bei ihrem Zusammenstoße sich wechselseitig durchqueren. Diese Durchquerung ist freilich in den meisten Fällen keine zentrale, sondern nur auf die oberen Atomschichten sich erstreckende. Auch beim Auftreten der Kanalstrahlen auf einen festen Körper läßt sich, wie Prof. Stark dartut, entsprechendes beobachten.

Diese Tatsachen begründen für den Physiker und für den Chemiker je eine wichtige fundamentale Auffassung. Der Physiker darf die chemischen Atome nur bei kleinen relativen Geschwindigkeiten als elastische Körper in wechselseitigen Zusammenstößen behandeln, bei großer relativer Geschwindigkeit ist der Stoß von Atomen aufeinander unelastisch (unter Jonisierung, Lichterregung und wechselseitiger Durchquerung). Der Chemiker darf sich seine Atome nicht als eine lochfreie Verkettung unterschiedlicher Teilchen vorstellen, sondern er hat sie als zwar sehr feste, aber doch weitmaschige

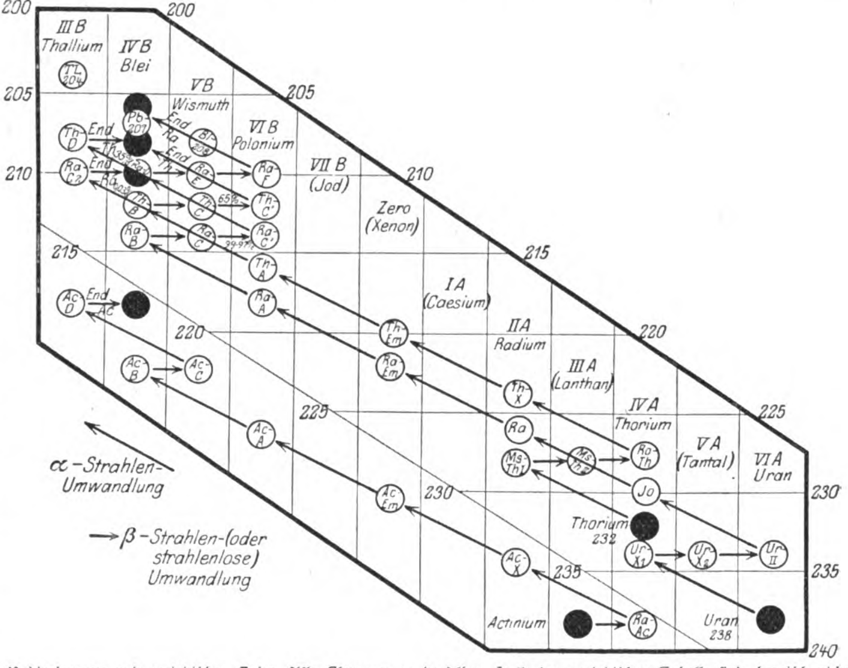
*) Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Stickstoff, Aluminium, Schwefel, Chlor, Argon und Quecksilber.



Gefüge aufzufassen, die sich bei großer Geschwindigkeit wechselseitig zu durchqueren vermögen, während sie bei kleiner Geschwindigkeit sich wie undurchdringlich verhalten und nur mit ihren Oberflächen in Wechselwirkung treten.

Eine Untersuchung über den **Gehalt der warmen Quellen an seltenen Gasen** hat Ch. Moreu*) angestellt; danach besitzen die Quellen von Santenay den größten Gehalt an Helium, 10·16 Volumprozent. Sie entwickeln im Lauf eines Jahres 17000 Liter, die Quellen von Neris 34000 Liter dieses Gases. Interessant sind die von Moreu an seine Beobachtungen geknüpften Betrachtungen. Angenommen, alles Helium von dem in der Erde enthaltenen Radium gelange in die Atmosphäre und diese Radiummasse sei genau so groß, um die Temperatur der Erde konstant zu erhalten, so würden 700000 Jahre hinreichen, um das in der Atmosphäre enthaltene Helium zu erzeugen. Diese Zeit genügt jedoch nicht, da nicht alles Helium in die Atmosphäre gelangt, wenn auch wahrscheinlich die ganze in ihr befindliche Menge dieses Glases aus den Thermalquellen stammt. Anderseits destilliert vermutlich auch ein großer Teil des Heliums aus der Atmosphäre in den Himmelsraum. Argon, Krypton, Xenon und wahrscheinlich auch Neon sind in den Quellgasen beinahe in demselben Verhältnis enthalten wie in der Atmosphäre, was sich vermutlich aus ihrer chemischen Unangreifbarkeit erklärt. Seit Beginn der Erde haben sie sich wahrscheinlich stets in dem gleichen Verhältnis erhalten, wovon unter den seltenen Gasen nur Helium eine Ausnahme macht. Auch in dem unverbrennlichen Teil der schlagenden Wetter hat man Argon, Krypton und Xenon in dem gleichen Verhältnis gefunden. Argon und seine Begleiter (s. Jahrb. I, S. 121) befinden sich vermöge ihrer Unangreifbarkeit außerhalb des Einflusses der Chemie. Diese Eigenschaft sichert ihnen ewige Unverletzlichkeit zu und schützt sie gegen alle Katastrophen, die Geologie und Astronomie als noch etwa bevorstehend annehmen. Ihr Gaszustand verleiht ihnen Zutritt in alle Flüssigkeiten und Atmosphären, wo die fünf Mitglieder der Familie gemeinsam sich immer in voller Freiheit bewegen.

Auf der Jahresversammlung der British Association zu Birmingham 1913 gab der Chemiker F. Soddy eine Mitteilung über **die Radioelemente und das periodische Gesetz.** Danach ist das allgemeine Gesetz, nach dem sich bei radioaktiven Umwandlungen der Durchgang der Elemente durch die Tabelle des periodischen Systems regelt, jetzt bekannt. Als Ergebnis hiervon kann man die drei Zerfallsreihen von Uran, Thorium und Aktinium (s. Jahrb. IX, 1911, S. 94) in die periodische Tabelle so eintragen, daß jedes Glied dieser Reihen bei den 27 Radioelementen, deren Chemie bekannt ist, auf den richtigen Platz kommt. Für die 6 Glieder, deren mittlere Lebensdauer zu kurz ist, um ihre chemische Natur daraus zu ermitteln, sowie für die 5 inaktiven Endprodukte ließ sich der chemische Charakter ohne Unsicherheit voraussagen.



Radioelemente und periodisches Gesetz. Alle Elemente an derselben Stelle der periodischen Tabelle sind chemisch nicht trennbar und (wahrscheinlich) spektroskopisch nicht zu unterscheiden.

Das allgemeine Gesetz besagt, daß bei einer Umwandlung mit α-Strahlung, bei der ein Heliumatom mit 2 Atomladungen von positiver Elektrizität abgegeben wird, das Element seine Stellung im periodischen System in der Richtung abnehmender Masse um 2 Stellen ändert. Bei einer Umwandlung mit β-Strahlung, wo eine einzelne Atomladung negativer Elektrizität vom Atom als β-Teilchen abgestoßen wird, sowie bei den zwei Umwandlungen, für die bisher eine Strahlung nicht ermittelt wurde, ändert sich die Stellung des Elements im System in entgegengesetzter Richtung um eine Stelle.

Die Analyse der Materie mit Hilfe chemischer Methoden schien bisher erschöpfend, weil es unmöglich war, zwischen Elementen zu unterscheiden, die chemisch identisch und nicht trennbar waren, solange nicht das eine in das andre sich verwandelte. In jenem Teil des periodischen Systems

*) Compt. rend. 1913, Nr. 156; Ref. Die Naturwiss. 1913, Nr. 26.

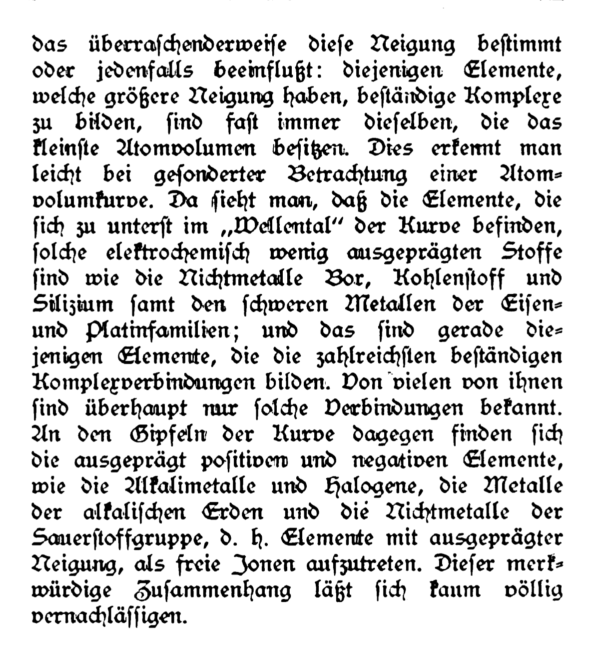
jedoch, wo die Entwicklung der Elemente noch im Fortschreiten begriffen ist, wird jeder Platz nicht von einem Element in Anspruch genommen, sondern, wenn die Plätze überhaupt besetzt sind, durchschnittlich von nicht weniger als vier Elementen, deren Atomgewichte sich bis um 8 Einheiten unterscheiden. Es ist unmöglich zu glauben, daß das gleiche nicht für den übrigen Teil der Tabelle, mittelst derer man das periodische System der Elemente darstellt (s. Anhang und die Tabelle in Jahrb. X, S. 254), zutreffen sollte; es ist vielmehr anzunehmen, daß jedes Element eine Gruppe von nicht trennbaren Gliedern bildet, die denselben Platz einnehmen, während sein Atomgewicht nicht eine Konstante (unverrückbare Größe), sondern nur einen Mittelwert darstellt, der viel weniger Wichtigkeit besitzt, als man bisher annahm. Diese Fortschritte zeigen einerseits, daß die Angelegenheit viel verwickelter ist, als die chemische Analyse allein enthüllen konnte, anderseits aber deuten sie auch darauf hin, daß das Problem der Konstitution der Atome vielleicht einfacher ist, als man bei dem Mangel einfacher Zahlenbeziehungen zwischen den Atomgewichten vermuten könnte Die Spektra aller Elemente derselben Gruppe sind gleicher Art wegen der Ähnlichkeit ihrer Elektronensysteme.

Prof. Soddy hält die Möglichkeit für gegeben, unter geeigneten Bedingungen Thallium oder Quecksilber in Gold zu verwandeln. Das Problem bestände darin, ein α-Teilchen aus dem Thallium zu entfernen, was durch eine Spannung von einer Million Volt möglich wäre; die Schwierigkeit läge nur darin, dieses Potential herzustellen. Ebenso müßten wir aus Blei Gold erhalten, indem wir ein β- und zwei α-Teilchen aus Blei entfernten.

G. Hirschfeldt Hansen beleuchtet einen andern Punkt aus der Dunkelkammer der Elemente, den Zusammenhang zwischen den Atomvolumina und ihrer Fähigkeit, Komplexverbindungen zu bilden.*) Unter dem Atomvolumen eines Elements versteht man das in Kubikzentimetern ausgedrückte Volumen, das von einem Grammatom des Elements im festen Aggregatzustand eingenommen wird. Grammatom wiederum ist, in Gramm ausgedrückt, diejenige Menge eines Körpers, die seinem Atomgewicht entspricht. Unter Komplexverbindung, einem recht schwer definierbaren Begriff, versteht Hansen einen Stoff, der Atome oder Atomgruppen enthält, die als Jonen auftreten können, es aber nicht in der Lösung des betreffenden Stoffes tun. Was die Komplexverbindung charakterisiert, ist, daß sie bei Lösung des Stoffes fest und ungebrochen bleibt, so daß die einzelnen Bestandteile des Komplexes auch in Lösung stets verbunden sind und keine Dissoziation (Zersetzung) erleiden.

Beim Suchen nach einer Beziehung zwischen irgend einer Eigenschaft der Elemente und ihrer Neigung zur Komplexbildung meint Hansen in dem Atomvolum ein Konstant gefunden zu haben,

*) Ztschr. f. Anorganische Chemie, Bd. 79 (1913), S. 322 ff.



das überraschenderweise diese Neigung bestimmt oder jedenfalls beeinflußt: diejenigen Elemente, welche größere Neigung haben, beständige Komplexe zu bilden, sind fast immer dieselben, die das kleinste Atomvolumen besitzen. Dies erkennt man leicht bei gesonderter Betrachtung einer Atomvolumkurve. Da sieht man, daß die Elemente, die sich zu unterst im „Wellental" der Kurve befinden, solche elektrochemisch wenig ausgeprägten Stoffe sind wie die Nichtmetalle Bor, Kohlenstoff und Silizium samt den schweren Metallen der Eisen- und Platinfamilien; und das sind gerade diejenigen Elemente, die die zahlreichsten beständigen Komplexverbindungen bilden. Von vielen von ihnen sind überhaupt nur solche Verbindungen bekannt. An den Gipfeln der Kurve dagegen finden sich die ausgeprägt positiven und negativen Elemente, wie die Alkalimetalle und Halogene, die Metalle der alkalischen Erden und die Nichtmetalle der Sauerstoffgruppe, d. h. Elemente mit ausgeprägter Neigung, als freie Jonen aufzutreten. Dieser merkwürdige Zusammenhang läßt sich kaum völlig vernachlässigen.

Ein Brückenbau.

Zum Schluß dieses Abschnittes möchten wir den Leser mit einem von Artur Fürst sehr ansprechend dargestellten Versuch, die Kluft zwischen elektrischer und Lichtstrahlung zu überbrücken, bekanntmachen.

Erst kürzlich ging durch die Presse die Angabe, daß es den französischen Physikern Dufour, Ferié und Abraham gelungen sei, die Schnelligkeit der Hertzschen Wellen zu messen. Sie beträgt danach 259 500 Kilometer in der Sekunde, steht also nicht viel hinter der des Sonnenlichtes zurück. Doch steht das Ergebnis, das der französischen Akademie der Wissenschaften vorgelegt ist, noch nicht endgültig fest. Das Bestreben der Forscher geht darauf hin, innere Beziehungen zwischen den beiden Wellenarten der Elektrizität und des Lichts ausfindig zu machen. Mit dem gleichen Problem beschäftigt man sich augenblicklich unter anderm auch im Physikalischen Institut der Berliner Universität.

Die Behauptung, daß die Lichtwellen elektromagnetische Schwingungen seien, hat zum erstenmal der englische Physiker Maxwell ausgesprochen. Er hatte festgestellt, daß das Licht sich ebenso schnell ausbreite wie die elektrischen und magnetischen Erscheinungen, nämlich mit etwa 300 000 Kilometern Geschwindigkeit in der Sekunde. Maxwell konnte jedoch für seine Hypothese noch nicht den wissenschaftlichen Beweis erbringen; näher kam diesem Ziele der leider viel zu früh gestorbene deutsche Physiker Heinrich Hertz, der die Verwandtschaft der beiden großen Naturerscheinungen experimentell in zwingender Weise bewies. In einem auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte (Heidelberg 1889) gehaltenen Vortrage konnte er bereits sagen: „Das Licht ist eine elektrische Erscheinung, das Licht an sich, alles Licht, das Licht der Sonne, das Licht einer Kerze, das Licht eines Glühwurms. Nehmt



aus der Welt die Elektrizität, und das Licht verschwindet; nehmt aus der Welt den lichttragenden Äther, und die elektrischen und magnetischen Kräfte können nicht mehr den Raum überschreiten!"

Nun sind bekanntlich die Schwingungen im Äther, die wir als Licht bezeichnen, Wellen von ungemein geringer Länge. Eine Lichtwelle, die unser Auge als solche auffassen kann, ist nur wenige Zehntausendstel eines Millimeters lang. Die elektrischen Wellen, die man zur Zeit des Beginns der Hertzschen Versuche hervorzubringen vermochte, waren sehr lang, ihre Ausdehnung konnte meistens nur nach Kilometern gemessen werden. Bestenfalls war jede der Wellen mehrere Meter lang, so daß sich die nötigen Beobachtungen schwer innerhalb der Wände eines Laboratoriums anstellen ließen. Zwischen den verschwindend kleinen Lichtwellen und diesen Wellenriesen gähnte ein weiter, anscheinend unüberbrückbarer Abgrund. Zwar wußte man, daß es außerhalb des für unser Auge wahrnehmbaren Spektrums, also jenseits von Rot und Violett, noch Lichtstrahlen gibt, und man hatte auch schon die Länge der Wellen in den dunklen Strahlen, im Ultrarot und Ultraviolett, gemessen. Dabei kam man, je weiter man in Ultrarot ging, zu immer längeren Lichtwellen, jedoch war der Fortschritt sehr gering: man erreichte nur wenige Tausendstel eines Millimeters.

Hertz begann den Abgrund von der andern, der elektrischen Seite her zu überbrücken, durch Erzeugung immer kurzwelligerer Entladungen. Durch überaus scharfsinnige Beobachtungen und geistreiche Gedankenverknüpfungen gelang es ihm, statt der bisher immer angewandten verhältnismäßig langsamen elektrischen Entladungen Funkenübergänge hervorzurufen, bei denen die elektrische Energie bis zu fünfhundert Millionen Malen in der Sekunde hin- und herschwingt. Diese raschen Schwingungen, mit deren Hilfe später die drahtlose Telegraphie möglich wurde, sind schon recht kurzwellig, indem die Wellenlänge bereits bis auf 60 Zentimeter heruntergeht. Sie zeigten auch schon Eigenschaften, die mit denen der Lichtwellen übereinstimmten. Hertz konnte diese elektrischen Wellen mit Hilfe eines Hohlspiegels sammeln und sie in dessen Brennpunkt konzentrieren; durch Drehung des Spiegels ließ sich die Richtung der Strahlen verändern, auch wurden sie, gerade wie die Lichtstrahlen, durch ein Prisma gebrochen, was alles natürlich, da unser Auge sie nicht sehen kann, mit Hilfe elektrisch-empfindlicher Apparate festgestellt wird.

Nach diesem Erfolg nahmen die Physiker die Arbeit von beiden Richtungen her in Angriff. Auf der elektrischen Seite gelang es Augusto Righi in Bologna, Wellen von nur 10 Zentimeter Länge hervorzubringen, der Russe Lebedeff erreichte bereits eine Länge von nur 6 Millimeter, und in der letzten Zeit hat der 1. Assistent am physikalischen Institut der Berliner Universität, O. v. Bayer, sogar elektrische Wellen von nur 2 Millimeter Länge hervorbringen können, die sich nun schon vollkommen optisch behandeln lassen. Sie lassen sich durch Linsen brechen und gehorchen auch in anderer Hinsicht den vielen komplizierten Gesetzen der Optik.

Wie bei einem großen Tunnelbau wird auch von der anderen Seite her gearbeitet. Auf der optischen Seite hatte Langley den Erfolg, Lichtwellen zu messen, die bereits ein Fünftausendstel eines Millimeters lang sind. Aber zwischen diesem Maß und den obigen Wellen von 2 Millimeter Länge ist immer noch eine sehr beträchtliche Differenz. Dieses letzte Stück zu überbrücken, schicken sich die Arbeiten von Rubens an. Er verdankt diesen Erfolg der Untersuchung einer Strahlenart, die unter einem von ihm geprägten Namen als Reststrahlen bekannt geworden sind. Sie sind in jeder beliebigen Lichtquelle, einer Kerze, einer elektrischen Lampe, einem Auerbrenner enthalten, ihre Wellenlänge beträgt fast einen halben Millimeter, sie bilden aber nur einen geringen Bruchteil der gesamten Strahlung einer Lichtquelle.

Bedenkt man, daß ein Lichtstrahl aus dem sichtbaren Spektrum oft nur $^1/_{20000}$ Millimeter Wellenlänge hat, so sieht man ein, welch ungeheurer Fortschritt hier gemacht ist. Die Reststrahlen, obwohl unzweifelhaft Lichtstrahlen, stehen an Wellenlänge den kürzesten elektrischen Strahlen bereits bedeutend näher als den kürzesten Lichtstrahlen. Und darum ist es physikalisch auch nicht weiter erstaunlich, daß sie, obwohl Lichtstrahlen, bereits manche Eigenschaften der elektrischen Strahlen besitzen, z. B. durch undurchsichtige Körper wie schwarzes Papier oder Pappe ohne weiteres hindurchzugehen vermögen. Anderseits lassen die Reststrahlen sich durch Linsen oder durch ein Glasprisma nicht mehr brechen. Körper, die als besonders durchlässig für andere Lichtstrahlen bekannt sind, sind für die Reststrahlen undurchdringlich. So ist also nur noch eine schmale Lücke in der Mitte zu überbrücken.

Besondere Mühe hat es dem Entdecker gekostet, diese langwelligen Lichtstrahlen, die kaum den millionsten Teil der Gesamtstrahlung ihrer Lichtquelle ausmachen, von den übrigen so zu trennen und auszusondern, daß man sie beobachten kann. Dies gelang Rubens nur mittelst wiederholter Reflexion an Steinsalzspiegeln, die das Licht der Reststrahlen kräftig aus den übrigen Strahlen der Lichtquelle aussondern und isolieren, so daß man sie genau studieren, messen und nach jeder Hinsicht untersuchen kann. Praktisch ist mit dieser Beobachtung die Identität zwischen Licht- und elektrischen Schwingungen festgestellt.

Das Leben und seine Entwicklung.

(Allgemeine Biologie, Entwicklungslehre, Paläontologie.)

Naturdenkmalschutz • Biologische Probleme • Vererbungsfragen • Mimikry und Verwandtes • Lebewesen der Vorzeit.

Naturdenkmalschutz.

Für die Fortschritte, die der Naturdenkmalschutz nicht nur in den Ländern deutscher Zunge, sondern weit draußen in der Welt macht, zeugt die im Dezember 1913 zu Berlin unter Vorsitz des hochverdienten Geheimrats Conwentz stattgehabte sechste Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege; ihren Verhandlungen wohnten nicht nur Vertreter aus allen deutschen Gauen, sondern auch Gäste aus dem fernen Osten und dem fernen Westen bei — der Botaniker Prof. Miyoshi aus Tokio und der Chef der landwirtschaftlichen Delegation Argentiniens, J. Bolla.

Wir erfahren aus diesen Verhandlungen*), daß die planmäßige Durchforschung der größeren Naturschutzgebiete rüstigen Fortgang nimmt. Nach der Untersuchung des Plagefenns in der Mark Brandenburg ist die des Hochmoors in Neu-Linum, Provinz Westpreußen, nach fast zehnjähriger Arbeit ihrem Abschluß nahe. Im Reservat Sababurg, Provinz Hessen, ist die botanische Untersuchung durch Prof. Bock beendet. Endlich wird das Fürstlich Hohenzollernsche Naturschutzgebiet im Böhmerwald zurzeit weiter emsig durchforscht; alles Arbeiten, die nicht nur der strengen Wissenschaft, sondern auch der Erkenntnis und Liebe zur Heimat fördernd entgegenkommen.

Eine Schilderung des letzteren Gebietes, das seine Erhebung zum Naturschutzrevier dem Entschlusse des Fürsten Wilhelm von Hohenzollern verdankt, der damit zugleich auch die Erinnerung an die Eröffnung der Staatlichen Stelle für Naturdenkmalpflege erhalten wollte, finden wir in dem Bericht über die fünfte Konferenz 1912**), die sich im übrigen sehr eingehend mit der Rechtsfrage in Sachen des Naturdenkmalschutzes beschäftigte. Bei einer Bereisung der in Frage kommenden Gegend durch die Herren Prof. Dr. Conwentz und Forstrat Wiener wurde im fürstlichen Forstrevier Böhmisch-Eisenstein ein 176 Hektar großes Gelände als geeignet bezeichnet. Später kam noch eine angrenzende, 34 Hektar große Fläche auf bayrischer Seite hinzu, die zum Fürstlichen Forstrevier Bayrisch-Eisenstein gehört, so daß das Hohenzollernsche Naturschutzgebiet jetzt im ganzen 210 Hektar umfaßt. In ihm soll Holz- und Grasnutzung, Jagd und Fischerei dauernd ruhen, auch sonst jeder Eingriff von Menschenhand tunlichst ausgeschlossen sein; ebenso unterbleibt das Einbringen fremder Pflanzen und Tiere. Das Schutzgebiet beginnt in 1008 Meter Höhe und steigt zum Kamm auf 1343 Meter, dort läuft es 1200 Meter an der Landesgrenze entlang. Es weist vielfach Felsenmeere (s. Jahrbuch X, 1912, S. 100) auf und enthält auch zwei Seen, die verschiedenen Stromgebieten angehören. Der 19 Hektar große Schwarze See, zu dem die Felswände steil abfallen, sendet seine Wasser durch die Moldau und Elbe zur Nordsee; der Teufelssee hingegen, der, soweit in Fürstlichem Besitz befindlich, zum Reservat gehört, fließt durch den Regen und die Donau zum Schwarzen Meer ab.

Der Holzbestand des Naturschutzgebietes ist durchweg Hochwald und setzt sich besonders aus Fichte, etwas Tanne, Legföhre, Buche, Bergahorn, Eberesche, Weide und Birke zusammen. In vielen Teilen, namentlich an den steilen Seehängen, ist wohl noch nie Holz geschlagen, auch in den andern Gegenden ist der jetzige Bestand von Natur erwachsen. Das Gebiet befindet sich unterhalb der Waldgrenze und weist interessante Waldbilder auf. Die Wipfel der Fichten sind fast sämtlich gebrochen und die Stämme durch Schneedruck und andere Einflüsse häufig entstellt. Auch Stelzenbäume und ähnliche Erscheinungen sind nicht selten. Die Bodenvegetation besteht vornehmlich aus Laubmoosen und Heidelbeere. Von Vögeln horstet der Wanderfalk an der Schwarzen Seewand. Auer- und Birkwild ist ebenfalls vorhanden.

Dieser Waldteil ist zu einem Naturschutzpark wie geschaffen. Er liegt unmittelbar an der Landesgrenze und ist schwer zugänglich, teilweise unzugänglich. Er enthält keinerlei Baulichkeiten; nur an einer Stelle der Peripherie, am Nordufer des Schwarzen Sees, ist eine Wirtschaft eingerichtet. Das wechselvolle Gelände ist auch landschaftlich schön und weist hervorragende Aussichtspunkte auf. Nach Westen sieht man beinahe den ganzen Bayrischen Wald mit dem Hohen Arber und Rachel, den kleinen Arbersee usw. Über Böhmen schweift der Blick bis Pilsen und bisweilen zum Erzgebirge. Die schönste Aussicht bietet sich am Kamm, oberhalb Seewald, wo man zunächst die steil abstürzenden Hänge des Schwarzen Sees, dann die anschließenden Waldteile, den Osserwald, das Tal der Angel und einen großen Teil der böhmischen Ebene überblickt.

Die Naturschutzbewegung hat auch nach Rußland übergegriffen, wo Prof. Conwentz auf dem 13. Kongreß russischer Naturforscher und Ärzte zu Tiflis in einer besonderen, stark besuchten Sitzung Vorschläge für den Naturschutz im Kaukasus gemacht hat. Die Erhaltung der ursprünglichen Natur des Kaukasusgebietes ist höchst erstrebenswert, besonders wegen seiner eigenartigen Tier- und Pflanzenwelt, die stellenweise noch einige aus der Tertiärzeit erhaltene Typen umfaßt. Sie ist jetzt

*) Bericht von Dr. P. Moewes in Die Naturw. 2. Jahrg., Nr. 5 und 6.

**) Beiträge zur Naturdenkmalpflege, Bd. IV, Heft 1.



auch noch verhältnismäßig leichter durchzuführen als die Schaffung von Reservaten in stärker von der Industrie besetzten und von Eisenbahnen durchschnittenen Ländern. Großfürst Nikolai Michailowitsch, ein Schüler des Naturforschers Gustav Radde, hat dort bereits mehrere Naturschutzgebiete mit urwüchsigem Waldbestande und seltenen Pflanzenarten sowie bemerkenswerten Tieren geschaffen, deren eines 56 Quadratkilometer groß ist. Um dem Wisent (Bison europaeus) sein Wohngebiet am Kuban zu bewahren, hat sich ein Komitee gebildet; das Gebiet gehört nämlich den Kosaken, die es bisher verpachtet hatten, aber jetzt zurückhaben wollen. — Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß der Plan, in Österreich, im Schladminger Gebiet, einen Naturschutzpark zu schaffen, als gescheitert anzusehen ist. Der Verein „Naturschutzpark" hat nun im Salzburgischen Ersatz gefunden und ein Gebiet von 954 Hektar Fläche angekauft. Es umfaßt die hintersten Talgründe am Felder- und Stubachertauer, die Ammertaler- und Dörferöd, ein abgeschlossenes, vom Verkehr noch völlig unberührtes Gebiet, dessen volkswirtschaftlicher Wert gering ist, dessen Naturschönheit aber hervorragend sein soll.

Wenden wir uns nun einzelnen schutzbedürftigen Naturobjekten zu, so steht eine Anzahl edler Pelztiere an erster Stelle. Noch vor gar nicht langer Zeit wurde durch Aussetzung von Prämien die Beförderung des „Raubzeugs" ins Jenseits nach Möglichkeit gefördert; jetzt hat unter Führung des Präsidenten des Allgemeinen Deutschen Jagdschutzvereins, des Herzogs von Ratibor, eine Bewegung zur Beseitigung dieser Prämien eingesetzt*). Liegt doch in dem Preise des Pelzwerks allein schon Anreiz genug zur Erlegung seiner Träger. Mit Recht wies die Staatliche Stelle für Naturdenkmalpflege darauf hin, wie widersinnig es sei, für Tiere, deren Balg einen beträchtlichen Handelswert hat, noch eigens Abschußprämien auszusetzen. Beispielsweise gilt der Balg des Iltis 6 Mark, des Fuchses 12 bis 15 Mark, des Steinmarders 26 bis 28 Mark und des Edelmarders 40 bis 50 Mark. Über einzelne Arten, die in den Prämiierungslisten aufgeführt werden, ist folgendes zu bemerken: Die Wildkatze kommt nur noch an wenigen Stellen Deutschlands vor und ist hier dem Aussterben nahe; wo sie noch auftritt, müßte sie als Naturdenkmal geschützt werden. Der Dachs ist Fasanerien wohl schädlich und braucht dort nicht geduldet zu werden; sonst aber läßt sich sein Abschuß nicht rechtfertigen. Auch der Igel richtet geringen Schaden an, ist dagegen von großem Nutzen für die Bodenkultur. Würger haben jagdlich keine Bedeutung und deshalb liegt kein Anlaß vor, ihren Abschuß zu prämiieren. Der Eichelhäher, einer unserer schönsten Vögel, ist durch Verschleppen der Eicheln nützlich bei der natürlichen Verjüngung des Eichwaldes, Geier erscheinen so selten bei uns, daß von einem Schaden nicht die Rede sein kann; als Naturdenkmäler sind sie durchweg zu schonen. Der Wanderfalk ist örtlich im Schwinden begriffen; schon vor mehreren Jahren hob der Danziger Jagd- und Wildschutzverein die Prämie für den Wanderfalken auf. Der Vogel fange zwar gelegentlich Brieftauben, doch gehe dies die Jagdschutzvereine nichts an, und außerdem komme den Brieftauben nicht mehr die Bedeutung wie früher zu. Der Uhu wird von der Staatsforstverwaltung zur Schonung empfohlen und sollte angesichts seiner Seltenheit allgemein geschützt werden. Aus dem Harz wird gemeldet: Der Uhu, der in früheren Jahren noch öfter im Harz vorkam, steht auf dem Aussterbeetat. Es ist in letzter Zeit mit Sicherheit festgestellt worden, daß noch ein Uhupaar in einem Seitentale der Bode horstet. Sonst ließ sich nirgends mehr die Existenz dieses großen Vogels nachweisen und beobachten, ein Erfolg des sinnlosen Vernichtungskampfes, den der Mensch gegen dieses interessante Tier geführt hat.

In einem Warnruf: Der Marder wird rar! macht E. Braß darauf aufmerksam, daß vorbildlich für den Schutz der edlen Pelztiere die amerikanischen Gesetze sein dürften. Zuerst in Kanada, dann in den meisten Unionsstaaten hat man diesem Schutz in drei Richtungen Aufmerksamkeit zugewandt. Zunächst ist es bei hoher Strafe verboten, während des Sommers und der Zeit, wo die Tiere Junge haben, Pelztiere zu fangen, zu schießen oder mit ihren Fellen Handel zu treiben, ganz entsprechend unseren Schongesetzen für Wild. Zweitens werden bei stärker bedrohten Tierarten gewisse Gegenden für Reservate erklärt, in denen für einen bestimmten Zeitraum, meistens fünf Jahre, die betreffenden Tiere gänzlich geschont werden. Noch wirksamer und für den Pelzhandel am bedeutsamsten ist eine dritte Maßregel gewesen: Die Zucht der edlen Pelztiere in besonders eingerichteten Farmen. Namentlich Skunk, Nerze, Zobel und Füchse (Silberfuchs) werden so gezüchtet, eine Industrie, die sich als äußerst lukrativ erwiesen hat. Da jung eingefangene Marder sehr schnell zahm werden, ließen sich solche Zuchtversuche auch bei uns anstellen, allerdings nur, wenn die Bedingungen der Gefangenschaft nach Möglichkeit den Verhältnissen in der Freiheit genähert werden, da andernfalls, wie man aus Erfahrung weiß, die Gefangenen nicht zur Fortpflanzung schreiten.

Zu den Tieren, deren Verminderung in Deutschland zu ernsten Besorgnissen Anlaß geben muß, gehört der Storch. Nach den Ermittlungen Dr. Heerings betrug 1907 die Zahl der besetzten Storchnester in Preußen 3651, so daß auf 500 Hektar ein Storchnest kam. Im Jahre 1911 waren nur noch 2072 bewohnte Storchnester vorhanden, also nur noch eins auf 900 Hektar. Die Gründe für diese beklagenswerte Abnahme sind nicht ganz klar. Zerstörung von Nistgelegenheiten fällt nur wenig ins Gewicht, Nahrungsmangel, der den Alten die Aufzucht der Jungen erschwert, mag örtlich die Ursache sein. Daß die Verfolgung durch den Menschen für die Verminderung der Störche in erster Linie in Betracht komme, möchte Dr. Heering bestreiten, obwohl, wie er zugibt, diese Verfolgung größer ist, als man im allgemeinen glaube. Eine Reihe von Beobachtern versicherte einstimmig, daß bei uns fortdauernd heimlich Störche abgeschossen würden, und Prof. Schillings wies auf die Verfolgun-

*) Beiträge zur Naturdenkmalpflege IV. Heft 1, Anlage.



gen hin, die sie in Afrika zu leiden hätten und die wesentlich zur Verminderung ihrer Zahl beitrügen. Für einen Teil der Mark, die Priegnitz, wo eine erhebliche Abnahme der Störche zu beobachten sei, hält Graf v. Wilamowitz-Möllendorf Nahrungsabnahme für einen Hauptgrund, da die Taufrösche, das Hauptfutter für die Jungen, gewaltig abgenommen hätten. Bei anderen Vögeln aber, z. B. beim Neuntöter, der seit einigen Jahren sehr selten geworden ist, fehle jede Erklärung ihres Rückganges. Man wird Dr. Heerings Ansicht nicht von der Hand weisen können, daß die großen Veränderungen, die unser Land im Laufe eines Jahrhunderts erlitten hat, dem Storch nicht mehr so günstige Lebensbedingungen gewähren wie die Vorzeit, und daß deshalb er und andere Tierarten mehr und mehr verschwinden.

Vielfach stehen leider die für den Naturschutz arbeitenden Kreise der drohenden Zerstörung machtlos gegenüber, besonders in solchen Fällen, in denen dem idealen Zwecke Kapitalsinteressen entgegenwirken. Mitte des Jahres 1913 war in den Tageszeitungen ein „Vandalismus im Hegau" betitelter, von Emanuel v. Bodman unterzeichneter Aufruf zur Rettung des Hohenstoffels, eines der schönsten und landschaftlich wichtigsten Bergkegels des Hegau, zu lesen. Der Besitzer wollte mit Hilfe eines fürstlichen Großkapitalisten den Berg seiner Väter zerschlagen und den Basalt zu Straßenschotter machen. „Nicht nur — heißt es in dem Aufruf — „den Berg seiner Väter, den noch die Burgruine des alten Geschlechts krönt, o nein: einen Berg, der mit seiner geologischen, historischen und malerischen Poesie zum geistigen Eigentum des deutschen, besonders des alemannischen Volkes wurde und ohne dessen Silhouette der Bodensee, zumal der Untersee, auf beiden Ufern verarmen würde. Der Hegau, eine früher vulkanische Landschaft, die mit der unvergleichlichen, heroischen und sanften Musik ihrer Linie an künstlerischer Schönheit mit den besten Landschaften des Hochgebirges oder des Meeres den Wettstreit aufnimmt, soll geschändet werden. Der Vandale ist der Großkapitalismus, der nicht weiß, was er tut, wenn er seine Hand auf teures, geweihtes Gut des Volkes legt. Mit geschäftsklugem und stillschweigendem Gebaren, wozu die Weigerung gehörte, einen Weg auf den Gipfel bauen zu lassen, ging er ans Werk und legte bereits die Schwebebahn an, die den Stein nach der Station Mühlhausen führen soll. Die Behörde steht, wie es scheint, ziemlich ohnmächtig einem solchen Griff der äußeren Macht gegenüber. Es ist kein Gesetz da, das solchem Tun Einhalt gebieten kann, kein Gesetz, das geistiges Gemeingut schützt, wenn es sich in Händen von Privateigentümern befindet." Ob dieser Ruf den Hohenstoffel hat retten können, ist uns zurzeit noch unbekannt.

Leider lassen es die Behörden da, wo sie das Heft in Händen haben, auch vielfach an den Maßnahmen fehlen, die geeignet wären, im Volke Liebe und Ehrfurcht vor den Denkmälern der Vergangenheit zu wecken und zu erhalten. Zu Anfang des Jahres 1914 kam aus Aschaffenburg die Nachricht, daß einem ganzen Schlag herrlicher Spessart-Eichen im Forstbezirk Rothenbuch bei Rohrbrunn Gefahr drohe. Jn dem dortigen sogenannten „Metzgerschlag" stehen noch rund 500 Riesenstämme, die ein Alter von nahezu tausend Jahren haben (was allerdings, wie gewöhnlich bei solchen Altersangaben, stark übertrieben sein dürfte). Wahrscheinlich werden diese kostbaren Bäume nicht mehr lange erhalten werden können. Es sind wohl in diesem Sinne Gesuche der Spessartvereine bei den Behörden eingereicht worden, diese mußten aber bei genauer Prüfung als undurchführbar abschlägig beschieden werden, da sich die bayrische Forst- und Finanzverwaltung den Luxus nicht erlauben kann, der Touristen wegen ein solch bedeutendes Kapital nutzlos dem Verderben preiszugeben. Aus einer Eiche der fraglichen Größe lassen sich allerdings 2500 bis 3000 Mark lösen. Da ist es denn eine unverantwortliche Schlemmerei von den Herren Touristen, ihr Herz einmal am Anblick alter deutscher Eichen laben zu wollen. Die Kgl. Bayrische Finanz braucht Geld.

Auch in unseren Kolonien kommt die Naturschutzbewegung durch verstärkte Maßregeln zur Erhaltung des Wildes erfreulich zum Ausdruck. Eine vom Gouvernementsrat von Deutsch-Ostafrika angenommene Vorlage über einen erhöhten Wildschutz in den Kolonien bezweckt, insbesonders durch verstärkte Schonung der Muttertiere und Jungtiere sowie durch Begrenzung der Abschußzahl sämtlicher Wildarten der drohenden Ausrottung der ostafrikanischen Fauna ein Ziel zu setzen. Nach den angenommenen Bestimmungen ist gänzlich verboten der Abschuß oder Fang der folgenden Arten:

1. Strauße, Aasgeier, Schlangengeier, Kronenkraniche und Eulen, deren Eier auch nicht fortgenommen oder beschädigt werden dürfen; 2. Gorilla und Schimpanse; 3. Seekuh und Schuppentier; 4. Jungtiere (Fohlen und Kälber) von Nashorn, Zebra, Giraffe, Flußpferd und sämtlichen Horntieren; 5. aller Muttertiere der unter Ziffer vier genannten Tiere, sobald sie ein Junges bei sich haben; 6. der Weibchen der großen und der kleinen Schraubenantilope, der Moor- und Grasantilope, des Sumpfbockes und der Giraffengazelle auch ohne Jungtierbegleitung.

Auch eine Begrenzung des Abschusses sieht die Vorlage, wie folgt, vor: 1. nicht mehr als zwei Stück dürfen auf einen Jagdschein geschossen werden von Nashorn, Giraffe, großer und kleiner Schraubenantilope; nicht mehr als vier Stück dürfen erlegt werden von Büffel, Elenantilope, Flußpferd, Marabu und sämtlichen Arten von weißen Reihern; nicht mehr als zehn Stück von Zebra, Gnu und sämtlichen übrigen Antilopen- und Gazellenarten. Um dem weiblichen Wild eine besondere Schonung angedeihen zu lassen, ist die Bestimmung getroffen, daß jedes erlegte weibliche Stück bei der Anrechnung für zwei männliche zählt.

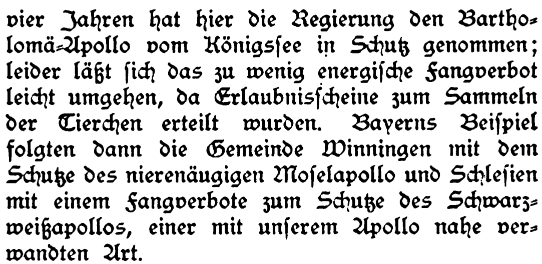
Einen schallenden Protestruf gegen die Vernichtung der Paradiesvögel in Deutsch-Neuguinea hat jüngst die Deutsche Ornithologische Gesellschaft, der auch zahlreiche Ornithologen des Auslandes angehören, ergehen lassen. Jn einer Eingabe an das Reichskolonialamt gibt sie der Ansicht Ausdruck, daß die gegenwärtige Verfolgung

der Paradiesvögel, wie sie zu Gunsten der Mode stattfinde, binnen kurzem zur Ausrottung dieses schönsten aller Naturdenkmäler führen müsse. Für die Paradiesvögel liegt die Erhaltung des Bestandes noch insofern recht ungünstig, als sie nur zwei Eier legen und, soweit bekannt, nur einmal jährlich brüten. Dazu komme, daß die Vögel durch die Pracht des Gefieders und durch die laute, weit tönende Stimme der Männchen sich für Jäger leicht bemerkbar machten. Auch hätten die Vögel die Gewöhnheit, sich an bestimmten Stellen aufzuhalten und immer wieder dorthin zurückzukehren, was ihre Erlegung durch Jäger erleichtere. „Aus diesen Gründen," so schließt die Eingabe, „bitten wir dringend, das Verbot des Schießens und Fangens der Paradiesvögel und der Ausfuhr von Bälgen und Federn, das nach uns gewordenen Mitteilungen auf ein Jahr in Aussicht genommen ist, unverzüglich und zunächst auf zehn Jahre eintreten zu lassen. Während dieser Zeit könnten weitere Erfahrungen über den Bestand, die Verbreitung und Vermehrung der Paradiesvögel gesammelt werden, um zu entscheiden, ob eine wirtschaftliche Ausnutzung des Vogelbestandes statthaft und in welchem Grade solche zulässig ist. Wird eine solche Verfügung nicht unverzüglich in Kraft gesetzt, so ist bei der gegenwärtigen Vernichtungswut mit Sicherheit vorauszusagen, daß der Handel mit Paradiesvogelfedern in wenigen Jahren zu Ende geht, weil dieses schönste Naturdenkmal unserer Kolonien und der ganzen Erde ausgetilgt sein wird. Die Deutsche Ornithologische Gesellschaft legt besonderes Gewicht darauf, zu betonen, daß sie ihre warnende Stimme noch in letzter Stunde erhoben hat. Die Reichsregierung übernimmt eine schwere Verantwortung, wenn sie der Mahnung kein Gehör schenkt, nicht allein Deutschland, sondern der ganzen Welt gegenüber." — Hoffen wir, daß dieser Ruf nicht ungehört verhallt.

Zum Schluß noch einige Worte zum Schutze bedrohter Schmetterlingsarten.

Auf die *Ausrottung des bayrischen Apollofalters* macht Felix *Bryk**) aufmerksam. Das unbarmherzige Treiben der gewerbsmäßigen Apollojäger hat dazu geführt, daß der Liebling aller Sammler in Europa stellenweise verschwunden ist. *Bryk* hat als Kind ihn noch in der Umgebung Wiens fliegen gesehen, jetzt ist er dort völlig ausgestorben, und die einzige Großstadt, die heute unter dem Zeichen dieses zierlichen Parnassiers steht, ist Moskau, wo er noch häufig in den Gassen segelt. Im ganzen Riesengebirge und in Schlesien ist der Apollo ausgerottet und prangt als trauriges Denkmal deutscher Sammelwut mit seinen tiefroten Riesenaugenflecken nur noch in sehr wenigen Sammlungen. Im Fichtel- und Erzgebirge, an der Mosel oder auf der Schwäbischen Alb und im Elsaß ist der Apollo sehr selten geworden; in Mähren hat die zunehmende Industrie die Flugstätten verwüstet.

Die kürzlich erlassenen Fangverbote der bayrischen Regierung beweisen, daß auch in Bayern das schöne Tier seinem Untergange nahe ist. Vor



vier Jahren hat hier die Regierung den Bartholomä-Apollo vom Königssee in Schutz genommen; leider läßt sich das zu wenig energische Fangverbot leicht umgehen, da Erlaubnisscheine zum Sammeln der Tierchen erteilt wurden. Bayerns Beispiel folgten dann die Gemeinde Winningen mit dem Schutze des nierenäugigen Moselapollo und Schlesien mit einem Fangverbote zum Schutze des Schwarzweißapollos, einer mit unserem Apollo nahe verwandten Art.

Warum nun dieser Vernichtungskrieg gegen den an sich nicht seltenen Falter, und weshalb der traurige Erfolg? Der von fern einem Baumweißling ähnelnde Schmetterling, den bei näherer Betrachtung die schönen roten Augenflecke zu einem der prachtvollsten Falter Europas stempeln, war gemein überall da, wo nur die wuchernde Fetthenne, die Futterpflanze seiner wie ein Feuersalamander gefärbten Raupe, mit ihrem roten Blätterpolster die Gebirgsabhänge bedeckte. Er fliegt nur bei Sonnenschein, sein massenhaftes Auftreten während der Sommermonate gibt der Landschaft einen ganz besonderen Reiz, verleiht ihr ein eigentümliches blendendes Aussehen, wie es hervorstechender nur noch in den Tropen gefunden werden kann. Als ein Relikt der Eiszeit tritt der Apollo nicht nur in Gebirgen Europas und Zentralasiens auf, sondern auch im hohen Norden, der ja in gewissem Grade eine Wiederholung dessen bietet, was im Hochgebirge lebt. Ohne Zweifel trägt schon das schöne Aussehen des Tieres zu seiner Ausrottung bei. Dazu kommt die ungemeine Variabilität dieser Art — gleicht doch kaum ein Exemplar dem andern — die den Forscher veranlaßt, über 70 verschiedene Rassen zu unterscheiden. So wird der Apollo zu dem beliebtesten Sammelobjekt.

Bayern allein besitzt drei gute Rassen: den Algäuer, den Regensburger und den vom Oberammergau (Kofel), der den stolzen Namen des Luitpold-Apollo trägt, obwohl er eigentlich einen Übergang zur Bartholomä-Rasse bildet. In den Alpen hat fast jedes Dorf seine Rasse. Durch die Benennung einer Rasse wird aber erst die Aufmerksamkeit der Schmetterlingsliebhaber auf den betreffenden Apollo gelenkt. Dabei begnügt die Habsucht der Sammler sich nicht etwa mit einem oder zwei Exemplaren: ganze Serien müssen es sein. So stecken in bekannten Sammlungen bis 60 Stück vom Moselapollo. Waidbruck in Südtirol und Wernyj in Zentralasien liefern allein alljährlich bis 20.000 Exemplare, und trotzdem ist die Nachfrage immer noch größer als das Angebot. Die Schmetterlingsbörse schraubt die Preise in die Höhe, so daß die ganz gewöhnlichen Apollos, die man früher für 25 Pfennige kaufte, jetzt das Fünfzig- bis Sechzigfache kosten. Bedenkt man ferner die große Zahl der Sammler, den Verbrauch einer Unzahl von Puppen und Raupen zu allerlei thermobiologischen (die Wirkung der Wärme prüfenden) Versuchen, und zieht man dann noch die ungemeine Variabilität dieses sensiblen Falters in Betracht, die den Liebhaber der Vollständigkeit halber zum Sammeln immer neuer „Jahrgänge" treibt, so darf man sich nur wundern, daß der Apollo noch nicht ganz ausgerottet ist.

*) Entomologische Zeitschr., 27. Jahrg., Nr. 19.



Ein Süddeutscher schildert aus eigener Anschauung, wie ein gewerbsmäßiger Sammler an der Vernichtung dieses edlen Schmetterlings arbeitet. In Süddeutschland kommt der Apollo nicht nur auf dem Hohentwiel vor, sondern auf allen steilen, sonnigen Vorsprüngen der Schwäbischen Alb, auf dem Hohenurach, dem Neuffen, der Teck u. a.*) In nicht kleiner Zahl kann man dort die herrlichen Geschöpfe in der Luft schweben oder auf den von der heißen Sonne erwärmten Felsen ruhen sehen. Offenbar im Gefühl der ihnen drohenden Gefahren, nicht nur aus dem ihnen angeborenen Verlangen nach Licht, Luft und Wärme, wählen die Apollofalter mit Vorliebe die am steilsten empor- und hinausragenden Felsen zu ihren Ruheplätzen, so daß die Jagd nach ihnen durchaus nicht ohne Gefahren ist, und immerhin noch ein schöner Bestand der edlen Schmetterlinge bisher allen Nachstellungen entgangen sein mag. Aber welche Tiergattung könnte auf die Dauer vor dem Menschen bestehen?

Vor einigen Jahren, heißt es weiter, war ich auf dem Hohenneuffen. Da kommt ein Herr mit seinem Sohn auf den Berg, und der Junge macht sich alsbald mit seinem Netz an die Schmetterlingsjagd, und zwar hat er es ausschließlich auf den Apollo und den ihm ähnlichen und verwandten „Schwalbenschwanz" abgesehen. Mit großem, von viel Übung zeugendem Geschick erbeutete der Jäger einen Schmetterling um den anderen, was er jedesmal mit Triumphgeschrei dem Vater mitteilte, der im kühlen Schatten seinen Schoppen „Neuffener" trank. Nach einiger Zeit sagte der Vater mit Stolz und Befriedigung zu mir: „So, jetzt hat mir der Junge die Kosten unseres Ausfluges reichlich verdient; denn wir verkaufen die Schmetterlinge um ein teures Geld." Welchen Preis er nannte, weiß ich nicht mehr; aber ich erinnere mich, daß er England, ich meine auch Amerika, als Absatzgebiete nannte. Mit tiefem Bedauern sah ich die noch eben so lebensfrohen Kinder der Sonne auf dem Spannbrett des Sammlers leblos ausgestreckt. Schon seit einer Reihe von Jahren bin ich nicht mehr auf dem Neuffen gewesen und weiß nicht, wie es jetzt um den Apollo dort bestellt ist. Immerhin hoffe ich, daß das wundervolle Landschaftsbild des Berges auch heute noch durch den reizenden Anblick der ihn umsegelnden Edelfalter belebt wird; aber ich bin ganz damit einverstanden, daß es nötig ist, der gewinnsüchtigen Barbarei der Schmetterlingsjäger sowie dem Vernichtungstrieb törichter Jungen durch ernstliche Verbote zu steuern, ehe auch hier die schönen Geschöpfe ausgerottet sind.

In welcher Weise der drohenden Ausrottung dieses und manches anderen seltenen Insektes entgegenzuarbeiten wäre, zeigen folgende Beispiele:

Die Schweizerische entomologische Gesellschaft richtet einen Aufruf an alle Entomologen, nachstehende Falter, die infolge beschränkten Verbreitungsgebietes ihrem Untergang entgegengehen, nach Kräften zu schützen; die Schonung dieser seltener Falter würde sich dadurch ermöglichen lassen, daß ihre eng umschriebenen Flugplätze für eine Reihe von Jahren gemieden werden. Es handelt sich namentlich um folgende Arten:

Erebia christi Raetz.,
Lycaena var. lycidas Trapp,
Ocnogyna parasita Hb.,
Arctia cervini Fallou.

Im Anschluß an diesen Aufruf hat der Vorstand des Internationalen Entomologischen Vereines beschlossen, die Schutzmaßregeln, die er für einige in bestimmten Gebieten ihm gefährdet erscheinende Tiere getroffen, auch auf die genannten Falter auszudehnen. Es sind außer ihnen noch zu schützen:

Parnassias apollo aus allen deutschen Fluggebieten,

Arctia maculosa aus Wien,

Mantis religiosa aus dem Elsaß. Angebote dieser Tiere durch Inserate in der Zeitschrift des J. E. V.*) finden künftighin keine Aufnahme mehr. Die gleiche Maßregel soll weiterhin da in Anwendung kommen, wo von berufener Seite die Notwendigkeit dazu überzeugend nachgewiesen wird.

J. Stephan**) behandelt das Vorkommen des Apollo und die Maßregeln gegen seine Ausrottung im schlesischen Gebirge, um zu dem traurigen Schluß zu kommen: Was nun den schlesischen Parnassias apollo betrifft, so können ihm Verordnungen und Schutzmaßregeln nichts mehr nützen, denn er ist aus unseren Bergzügen nun einmal verschwunden. Schlesische Stücke sind jetzt eifrig begehrte, teuer bezahlte Sammlungszierden. Erfreulich ist es einigermaßen, daß die wenigen noch vorhandenen konservierten Exemplare sich in sicherem Gewahrsam befinden, so daß sie der Nachwelt erhalten bleiben.

Stephan redet eifrig der Wiedereinführung des schönen Schmetterlings in Schlesien das Wort. Versuche dazu sind schon gemacht worden, so 1888 durch Aussetzung von 118 Stück schwäbischer Apolloraupen im Waldenburger Gebirge und später durch Stephan selbst am Glatzer Schneeberge. Leider sind diese Versuche bisher erfolglos geblieben. Prof. Dr. Standfuß in Zürich hält den Wiedereinbürgerungsversuch für dornenvoll; an den Orten, von denen reichliches Zuchtmaterial zu beziehen wäre, lebt die Art auf Sedum album und es ist fraglich, ob sich dergleichen Individuen ohne weiteres an das Sedum telephium in Schlesien gewöhnen werden. Prof. Standfuß empfiehlt, die Schmetterlinge in der Gefangenschaft, in größeren Räumen, Glasveranden sich paaren zu lassen, was ziemlich leicht geschehe, und die gepaarten, frischen Weibchen an geeigneten Örtlichkeiten fliegen zu lassen. Dieser Weg werde eher zu dem geplanten Ziele führen als das massenhafte Aussetzen von Raupen und Eiern. So glaubt J. Stephan sich doch noch der Hoffnung hingeben zu dürfen, daß es gelingen werde, den stolzen Schmetterling, der zur Belebung und Verschönerung der Berglandschaften in so hohem Maße beiträgt, der schlesischen Fauna zurückzugewinnen.

*) Über Verbreitung und Biologie des Parnassias apollo s. Prof. Dr. R. Eckstein, Die Schmetterlinge Deutschlands, Bd. I, S. 53, Stuttgart 1913.

*) Entomologische Zeitschr., 27. Jahrg., Nr. 7, 9 und 10.

**) Schles. Lehrer-Verein f. Naturkunde. 4. Jahresbericht 1911/12, Görlitz 1913.

Biologische Probleme.

Es läßt sich, so ungern man es auch eingesteht, nicht leugnen, daß es der Wissenschaft vom Leben trotz emsigster Einzelforschung bisher nicht geglückt ist, zu einer befriedigenden und allgemein anerkannten Anschauung über den inneren Mechanismus und Chemismus auch nur eines einzigen der primitiven Lebensvorgänge zu gelangen; noch viel weniger ist es gelungen, eine umfassende Synthese oder Verknüpfung der gesamten Erscheinungen in der Welt des Organischen zu bewerkstelligen. An die Feststellung dieser nicht sehr ermutigenden Tatsache knüpft Prof. Dr. M. Kassowitz*) eine flüchtige Übersicht über die elementaren Lebenserscheinungen, um zu zeigen, daß seine pessimistische Beurteilung tatsächlich in der Sachlage begründet ist.

Ausnahmslos unterliegen alle tierischen und pflanzlichen Organismen während ihrer Lebensdauer einem fortdauernden Stoffwechsel. Sie nehmen feste, flüssige und gasförmige Substanzen aus ihrer Umgebung in sich auf und geben Stoffe von anderer chemischer Zusammensetzung wieder von sich. Auch die Körperbestandteile, die der wachsende Organismus ansetzt, haben eine ganz andere chemische Beschaffenheit als die Nahrungsstoffe, auf deren Kosten sie gebildet werden. Darüber, wie diese Umwandlungen zu stande kommen, sind vielerlei Hypothesen aufgestellt. Aber keine dieser ohne ernsthafte wissenschaftliche Begründung förmlich aufs Geratewohl ausgesprochenen Vermutungen macht auch nur den Versuch zu erklären, wie jene Teile der Nahrungsstoffe, die zum Wachstum oder zum Ersatz verbrauchter Körperteile dienen, trotz der unmittelbaren Nähe des lebenden Protoplasmas der angeblich von ihm ausgehenden Zersetzung entgehen.

Eine andere, gleichfalls allen Organismen gemeinsame Eigenschaft ist ihre Reizbarkeit. Sie äußert sich darin, daß die Lebenstätigkeit und der damit untrennbar verbundene Stoffumsatz infolge geringfügiger äußerer Einwirkungen plötzlich eine auffallende Verstärkung erfahren. Wie aber diese Auslösung durch die Reize, z. B. eine leise Berührung, ein schwaches Geräusch, einen Lichtstrahl, einen kaum wahrnehmbaren Geruch, zu stande kommt, wie so verschiedenartige Energien in demselben Organ denselben Effekt und wie anderseits die gleiche Energie in verschiedenen Organen ganz verschiedene Wirkungen herbeiführen kann, dafür erhalten wir nirgends eine auch nur halbwegs befriedigende Erklärung.

Jede Lebenstätigkeit ohne Ausnahme ist nicht nur mit einer Ausscheidung von Kohlensäure, sondern auch mit einer Wärmeabgabe verbunden. Da diese beiden Erscheinungen bei jeder Verbrennung, d. h. bei jeder Verbindung einer brennbaren Substanz mit dem atmosphärischen Sauerstoff beobachtet werden, glaubt man ziemlich allgemein, daß auch die brennbaren Teile der Nahrung und, in Ermangelung deren, die brennbaren Reservestoffe des Körpers sich mit dem eingeatmeten Sauerstoff in derselben Weise verbinden, wie die Heizstoffe des Ofens oder der Kraftmaschinen, und daß dadurch nicht nur der Körper erwärmt, sondern auch die Wärme wie in den Maschinen in mechanische Arbeit oder in Lichtschwingungen oder in elektrische Energie umgewandelt wird. Aber die Anhänger dieser scheinbar so plausiblen Auffassung vermögen uns nicht zu sagen, wie es der lebende Organismus zuwege bringt, die sonst so schwer anzündbaren Stoffe der Nahrung — Eiweiß, Leim, Zucker, Fett — bei der verhältnismäßig niederen Temperatur des Tier- und Pflanzenkörpers in Brand zu stecken und zu erhalten. Sie können uns nicht erklären, warum eine vermehrte Zufuhr von Sauerstoff den Brand nicht gewaltsam auflodern läßt, sondern ohne sichtbare Wirkung bleibt; warum auch die vermehrte Zufuhr der vermeintlichen Heizstoffe nicht wie das Aufschütten von Kohle im Ofen oder im Heizraum der Maschine die Lohe verstärkt, sondern nichts anderes bewirkt als eine Ablagerung von brennbaren Reservestoffen mitten in den brennenden, d. i. Sauerstoff verbrauchenden und Kohlensäure und Wärme produzierenden Geweben.

Nicht anders geht es uns, wenn wir die Lebenstätigkeit des Protoplasmas verstehen wollen: sein Wachstum auf Kosten der Nahrung, seine Fähigkeit, Fortsätze auszustrecken und bei mechanischer, chemischer oder elektrischer Reizung wieder einzuziehen, die Abhängigkeit dieser Bewegungsfähigkeit und Reizbarkeit von der ununterbrochenen Zufuhr von Sauerstoff, und endlich die Tatsache, daß es alle seine Fähigkeiten und Entwicklungsmöglichkeiten bei der Fortpflanzung auf seine Teilungsprodukte übertragen kann. Da möchten wir vor allem uns eine anschauliche Vorstellung von seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften machen können. Was uns aber nach dieser Richtung geboten wird, ist in höchstem Grade unbefriedigend, wie Prof. Kassowitz im einzelnen nachweist. Ähnlich verhält es sich auch mit den beiden Theorien der Leitung des Reizes in den Nerven.

Keine der gangbaren Theorien versetzt uns in die Lage, mit ihrer Hilfe auch nur zu einem halbwegs befriedigenden Verständnis der Vorgänge zu gelangen, die in den Organismen, insbesondere im lebenden Protoplasma sich abspielen. Der Vergleich des lebenden Körpers mit einer kalorischen Maschine hat ebenso versagt, wie die Übertragung der vorbereitenden Fermentspaltungen, die der Assimilation der Nahrungsstoffe vorangehen müssen, auf den gesamten Stoffwechsel. Die eigens zu diesem Zweck ersonnenen Schwingungen der Protoplasmamoleküle haben sich für das Verständnis der Lebenserscheinungen als ebenso wertlos erwiesen, wie der Vergleich des Muskels mit einer Dynamomaschine, der Nervenbahnen mit Telegraphendrähten und der Ganglienzellen mit galvanischen Batterien.

Der allen populär gewordenen Lebenstheorien gemeinsame Mißerfolg müßte aber doch eigentlich den Verdacht erwecken, ob er nicht dadurch verschuldet sein könne, daß sie alle von Haus aus an einer irrtümlichen Voraussetzung kranken, z. B. an der, daß der Stoffwechsel unter einem undefinierbaren „Einfluß" des Protoplasmas vor sich gehe, das selbst nebst seinen chemischen Einheiten

*) Biologische Probleme. Die Naturwissenschaften, Bd. I, 1912, Heft 1, 6, 13, 18, 33.

von diesem Wechsel entweder gar nicht oder nur in geringem Maße betroffen sei. Anstatt aber den so naheliegenden Versuch zu machen, ob man nicht alle diese Schwierigkeiten und Widersprüche vermeiden könne, wenn man alle Nahrungsstoffe zum Aufbau der hochkomplizierten Protoplasmamoleküle verwenden ließe und alle Stoffwechselprodukte von dem Zerfalle dieser überaus zersetzlichen Moleküle herleitete, um auf diesem Wege das heiß ersehnte Ziel zu erreichen, „die gesamte Physiologie in physiologische Physik und physiologische Chemie aufzulösen“ (Lehmann 1859), ist man auf dem besten Wege, die um die Mitte des 19. Jahrhunderts anscheinend auf immer verabschiedete „Lebenskraft“ unter eigenem oder Decknamen — Entelechie, Dominanten, intelligente Lebenskräfte u. a. — wieder feierlich einzusetzen.

Prof. Dr. Kassowitz will an den einzelnen Lebenserscheinungen zeigen, wie wenig Berechtigung dieser Rückfall in einen mystischen Vitalismus besitzt, der immer nur ein Hemmschuh für die Erforschung der wahren Zusammenhänge gewesen ist. Er behandelt zuerst das Rätsel der organischen Stoffumwandlung.

Jeder lebende Organismus hat die Fähigkeit, aus den aufgenommenen Stoffen Substanzen von anderer chemischer Zusammensetzung zu erzeugen, die er entweder als Bestandteile seines Körpers zurückhält oder in seinen Sekreten und Exkreten nach außen befördert. Unter Sekreten versteht man solche Absonderungen, die noch eine wichtige Funktion für das Wesen selbst oder seine Nachkommenschaft zu erfüllen haben (z. B. Speichel, Galle und andere Verdauungssäfte; Samenflüssigkeit, Eiereiweiß, Eidotter, Milch); unter den Exkreten faßt man alles zusammen, was bei weiterem Verweilen im Körper für diesen entweder nutzlos oder direkt schädlich sein würde (Kohlensäure der ausgeatmeten Luft, Harnsubstanzen und Ausscheidungen des Darmkanals). Wasser, Kochsalz und einige andere Stoffe von geringerer Bedeutung, die den Kreislauf ganz oder großenteils passieren, ohne in ihm eine Veränderung zu erleiden, bezeichnet Prof. Kassowitz als Durchgangsstoffe. Er geht die wichtigsten Einfuhrstoffe — zunächst des tierischen Körpers — der Reihe nach durch und stellt ihnen jene Endprodukte des Stoffwechsels gegenüber, von denen wir wissen, daß sie letzten Endes von jenen abstammen müssen.

Dabei kommt er zu dem Schluß, daß wir für die von keinem Chemiker ausführbaren Umsetzungen und Umlagerungen keineswegs eine „uralte Protoplasmaweisheit“ in Anspruch zu nehmen brauchen; es geschieht vielmehr alles auf ganz natürliche Weise, indem sich in unmittelbarer Nähe und unter dem Einflusse schon vorhandener Protoplasmamoleküle aus den Nahrungsstoffen neue chemische Einheiten von gleicher Zusammensetzung herausbilden und diese dann, unter Abgabe besonderer Abspaltungsprodukte, die ihrer eigenartigen Zusammensetzung entsprechen, zerfallen.

Nur so läßt es sich verstehen, warum jedes einzelne Organ, obwohl es dieselben Nahrungsstoffe bezieht wie alle anderen Organe desselben Körpers, dennoch immer nur ganz bestimmte, nur ihm eigentümliche Produkte hervorbringt. Die Milchdrüse z. B. bekommt aus dem Blute immer nur den mit dem Traubenzucker identischen Blutzucker; aber in ihrem Sekrete liefert sie eine ganz neue Zuckerart, den Milchzucker, der weder im Blute noch in irgend einem anderen Organe enthalten ist, und außerdem das Milch- oder Butterfett, das ganz verschieden ist von dem sonstigen Körperfett. Dieses Butterfett ist in der Milch auch dann enthalten, wenn die Nahrung gar kein Fett, sondern außer den Salzen nur Eiweiß und Kohlehydrate (Mehl oder Zucker) enthält. Aber auch das in der Milchdrüse erzeugte Kasein ist ganz verschieden von dem Bluteiweiß und von allen andern auf dessen Kosten gebildeten Eiweißstoffen des Tierkörpers. Das alles bleibt unverständlich, solange man sich vorstellt, daß die Bestandteile der Milch durch verwickelte Reaktionen in den Säften wie in einem chemischen Laboratorium gebildet werden; es wird aber verständlich, sogar selbstverständlich, wenn das Protoplasma der milchabsondernden Zellen seine Moleküle aus dem Bluteiweiß, dem Blutzucker und den Blutsalzen aufbaut, und wenn diese Moleküle, die eine spezifische, nur ihnen allein zukommende Struktur und Atemanordnung besitzen, bei ihrem Zerfall ihre stickstoffhaltigen Atemkomplexe als Milcheiweiß, ihre stickstoffreien Gruppen als Milchzucker und als Butterfett und ihre anorganischen Teile in Form jener Salze abspalten, die jede Milch in einem bestimmten, jeder Tierart eigentümlichen Verhältnis enthält.

Nicht nur in der Milch sind die drei Gruppen von Nahrungsmitteln, die nach der metabolischen Auffassung des Stoffwechsels zum Aufbau der Protoplasmamoleküle notwendig sind, vorhanden; sie sind überall zugegen, wo die Bildung neuer lebender Teile des Tier- oder Pflanzenkörpers stattfinden soll: in den Pflanzensamen, den Wurzeln und Knollen, ferner in den Eiern der verschiedensten Tierklassen, also in allen Gebilden, auf deren Kosten die jungen Pflanzen oder Tiere heranwachsen, bevor sie im stande sind, ihre Nahrung selbständig aus der Umwelt zu beziehen. Unmöglich kann es auf bloßem Zufalle beruhen, daß Blut, Eier, Milch, Pflanzensamen und alle anderen Nahrungsquellen für die Bildung neuer Protoplasmen außer Eiweiß auch Zucker, Fett und ganz bestimmte Nährsalze enthalten. Vielmehr bestätigt dieser Umstand die von Prof. Kassowitz verteidigte These, daß das lebende Protoplasma nicht aus „lebendem Eiweiß“ besteht, sondern aus viel höheren chemischen Verbindungen, die zu ihrer Bildung außer Eiweiß auch stickstoffreier Atomgruppen (Zucker, Fett) und anorganischer Salze benötigen. Für diese Auffassung des Stoffwechsels existiert also weder ein lebendes Eiweiß, noch lebender Zucker oder lebendes Fett oder lebendes Kalium oder Kalzium oder lebendes Eisen; denn für sie ist das Leben immer an die Existenz von zersetzlichem Protoplasma gebunden, und dieses kann nicht aus einem dieser Stoffe, sondern immer nur aus allen zusammen gebildet werden.

Vielatomige und daher überaus zersetzliche Protoplasmamoleküle erscheinen auch ausreichend, um die verwickelten chemischen Reaktionen und Synthesen, die man unter dem Namen Assimilation



zusammenfaßt, jeweilig zur rechten Zeit und am rechten Ort ins Werk zu setzen. Niemals geht die Umwandlung von leblosem Material in lebende Substanz selbständig, aus freien Stücken oder durch Urzeugung vor sich, sondern immer nur in der unmittelbarsten Nähe und unter dem Einflusse schon vorhandener lebender Substanz (omne animal ex ovo; omnis cellula e cellula; omne protoplasma e protoplasmate). Weil offenbar jedes lebende Protoplasma die Fähigkeit besitzt, aus den zu seiner Verfügung stehenden Stoffen stets nur Identisches oder wenigstens Ähnliches (simile) hervorzubringen, spricht man bei der Verwendung von Nahrungsstoffen zum Aufbau und zum Wachstum lebender Teile gewöhnlich von Assimilation (Ähnlichmachung).

Die Bildung neuer Moleküle unter dem assimilatorischen Einflusse schon vorhandener Atomverbindungen von gleicher Zusammensetzung, die „assimilatorische Synthese“, ist keineswegs eine bloße Annahme, sondern ein Vorgang, der auch in der anorganischen Welt ganz sicher stattfindet. Prof. Kassowitz gibt dafür ein Beispiel. Vermengt man kohlensaures Natron mit entsprechend viel Wasser und leitet Kohlensäure durch dieses Gemenge, so erleidet es zunächst keine Veränderung. Fügt man aber eine kleine Prise von doppeltkohlensaurem Natron hinzu, dann verwandelt sich der ganze Vorrat von kohlensaurem Natron mit Hilfe der Kohlensäure und des Wassers in doppeltkohlensaures Natron, und diese Verwandlung erfolgt um so schneller, je mehr der fertigen Verbindung man zugesetzt hat. Es muß also von den fertigen Molekülen eine „assimilatorische Energie“ ausgehen, die die noch getrennten Moleküle des Salzes, des Gases und des Wassers zwingt, ihre chemische Selbständigkeit aufzugeben und sich zu demselben komplizierteren Bau zu vereinigen, wie er den diese Energie aussendenden Molekülen zukommt. Dabei ist ein von Prof. Kassowitz des näheren geschilderter, ziemlich verwickelter Ab- und Wiederaufbau der Atome erforderlich. Das kann aber nur dadurch geschehen, daß die in dem zugefügten Salze enthaltenen Atome oder Atomgruppen auf die gleichnamigen Bestandteile der noch getrennten Moleküle eine starke Anziehung ausüben und sie aus ihrer Verbindung mit den dieser Anziehung nicht unterliegenden Atomen losreißen, so daß sie sich in der unmittelbarsten Nähe der assimilierenden Moleküle vermöge ihrer freigewordenen Affinitäten zu neuen, gleichgearteten Molekülen vereinigen.

Daß zwischen gleichgearteten Molekülen eine mächtige Anziehung besteht, läßt sich an manchen Beispielen aus der anorganischen und der organischen Welt zeigen. Nur durch die energische Anziehung, die die gleichen Atome oder die gleichen Jonen in einer Lösung aufeinander ausüben, ist die merkwürdige Tatsache zu verstehen, daß gewisse Meerpflanzen trotz des minimalen Jodgehaltes des Seewassers einen sehr bedeutenden Jodgehalt aufweisen, und daß alle Seetiere Eisen enthalten, obwohl es bisher noch nicht gelungen ist, im Meerwasser Eisen nachzuweisen. Hier werden offenbar die zur Synthese eisen- und jodhaltiger Protoplasmamoleküle notwendigen Eisen- und Jodatome durch die assimilatorische Energie der in den assimilierenden Protoplasmamolekülen enthaltenen gleichartigen Atome mit Hilfe der Diffusion (Ausbreitung, Durchdringung) aus den entlegensten Weiten des Weltmeeres herbeigeschafft.

Wenn diese Auffassung richtig ist, dann muß sie natürlich auf alle Fälle von Protoplasmawachstum und Protoplasmaneubildung angewendet werden können und daher auch für die Kohlensäureassimilation der grünen Pflanzen, die eingehend erläutert wird, zutreffen. Alle die schwer verständlichen und zum Teil von vornherein unmöglichen Annahmen, die man zur Erklärung dieser Assimilation aufgestellt hat, werden entbehrlich, wenn man die Kohlensäureassimilation nur als einen Spezialfall der organischen Assimilation überhaupt betrachtet, d. h. als Sonderfall der Verwendung eines Nahrungsstoffes zum Aufbau neuer Protoplasmamoleküle unter dem assimilatorischen Einflusse der schon vorhandenen, einer Verwendung, der auch hier die Losreißung der einzuverleibenden Atome oder Atomgruppen aus ihrer bisherigen Verbindung vorhergehen muß. Das einzig Neue bei der Kohlensäureassimilation liegt darin, daß in diesem besonderen Falle für die Lösung der kräftigen Verbindung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff die assimilatorische Energie in Verbindung mit den für jedes Protoplasmawachstum notwendigen Wärmeschwingungen nicht ausreicht, sondern daß hier auch Lichtschwingungen (Sonnenlicht) mitwirken müssen, deren zerlegende Wirkung in bisher noch nicht aufgeklärter Weise durch den grünen Farbstoff unterstützt oder vielleicht erst möglich gemacht wird. Außerdem nimmt die Kohlensäureassimilation auch noch wegen der Abgabe von Sauerstoff nach außen eine Sonderstellung ein, weil eine solche bei keiner andern assimilatorischen Sauerstoffberaubung beobachtet wird. Das rührt aber daher, weil bei der sicherlich sehr großen Zahl der in jedem Protoplasmamolekül enthaltenen Kohlenstoffatome eine so große Anzahl von Sauerstoffatomen frei werden muß, daß sie nicht mehr alle bei den oxydativen Vorgängen innerhalb der Pflanze Verwendung finden können, während die Sauerstoffmenge, die bei der Assimilation des Stickstoffs, des Schwefels und anderer Baustoffe der Protoplasmamoleküle frei wird, so gering ist, daß sie immer wieder Gelegenheit zu neuen Verbindungen in der Pflanze selbst findet.

Sind aber einmal die neuen Protoplasmamoleküle auf Kosten des der Kohlensäure entnommenen Kohlenstoffs und mit Hilfe des Schwefels, des Stickstoffs, des Kalziums, Magnesiums sowie der anderen, aus den Bodensalzen entnommenen Bestandteile gebildet, so ergibt sich alles Weitere von selbst. Werden die zersetzlichen Moleküle von kräftigen Reizen getroffen, dann unterliegen sie einer oxydativen Spaltung, bei der sich ihre Kohlenstoff- und Wasserstoffatome mit dem atmosphärischen Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasser verbinden. Die Protoplasmamoleküle aber, die der Einwirkung solcher kräftigen Reize entgehen, haben ebenfalls keinen dauernden Bestand, sondern erliegen unter dem Einflusse schwächerer Reize einem „inaktiven“ Zerfall, bei dem sie ihre kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Atome entweder als Stärke oder



als Rohrzucker oder als Zellulose oder — seltener — als fette Öle abspalten. Es gehen also die Reservestoffe und Formbestandteile der Pflanze in gleicher Weise aus dem Zerfall ihrer Protoplasmamoleküle hervor, wie die tierischen Fette bei fettfreier Nahrung oder bei der Aufnahme ganz anders gearteter Fette, indem die bei beliebiger Nahrung entstandenen Protoplasmamoleküle unter Abspaltung spezifisch gebauter Neutralfette zerfallen.

Bis vor nicht sehr langer Zeit nahm man an, daß das Eiweißbedürfnis des Tierkörpers nur mit pflanzlichem oder tierischem Eiweiß gedeckt werden könne, daß höchstens daneben auch noch Knorpel-, Knochen- und Bindegewebeleim zur Verwendung käme. Das galt für so ausgemacht, daß der berühmte Physiologe Ludwig sagen konnte, mit der Entdeckung von Mulder, der zuerst auf diese Unentbehrlichkeit des Eiweißes hinwies, habe ein neuer Abschnitt in der Ernährungsphysiologie begonnen.

Diese scheinbar gesicherte Grundlage der Ernährungslehre ist ins Wanken gekommen, seitdem mehrere Stoffwechselforscher gezeigt haben, daß man Versuchstiere mehrere Wochen mit einer Nahrung im Stoffwechselgleichgewicht erhalten kann, die weder Eiweiß noch dessen nächste nächste Spaltungsprodukte (Albumosen und Peptone) enthält, sondern nur tiefe Abbauprodukte von Eiweiß, hauptsächlich Aminosäuren, die man auch künstlich erzeugen kann. Einige Experimentatoren wollen dieses Gleichgewicht — es wurde nicht mehr Stickstoff ausgeschieden als aufgenommen — auch mit einer Nahrung erzielt haben, die den Stickstoff nur in Ammoniaksalzen oder sogar im Harnstoff enthalten hat. Man hat in diesen bemerkenswerten Ergebnissen sogar die Lösung des Problems der künstlichen Herstellung der Nahrungsstoffe sehen wollen, deren Verwendung in der Praxis nur an der übergroßen Kostspieligkeit der künstlichen Herstellung dieser Verbindungen scheitern würde. Darin aber scheinen die meisten Forscher jetzt übereinzustimmen, daß die Zerlegung der Eiweißstoffe in den Verdauungsorganen nicht nur bis zu den Albumosen und Peptonen fortschreite, von denen man annahm, daß sie als solche von der Darmwand aufgesogen oder assimiliert werden; sondern daß diese Spaltung durchweg bis zu den tieferen Abbauprodukten fortschreitet, und daß erst diese einfacheren, auch künstlich herstellbaren Stickstoffverbindungen entweder als „Zellbausteine" verwendet werden oder als bloße „Energiespender" noch weiter bis zu den zur Ausscheidung gelangenden Stoffen abgebaut werden.

Prof. Kassowitz unterwirft diese Annahmen der Kritik, vor der sie nicht bestehen können. Die Annahme, daß die Eiweißkörper der Nahrung nicht als solche, sondern erst nach ihrer Spaltung in Peptone durch die Darmwand gelangen können, entspricht nicht den Tatsachen. Denn einmal erscheint Hühnereiweiß, im Übermaß verfüttert, zum großen Teil unverändert im Harn, muß also als solches die Darmwand passiert haben; anderseits konnte man von den durch tote Membranen leicht hindurchtretenden Peptonen keine Spur jenseits der lebenden Darmwand nachweisen. Man findet vielmehr im Blut nur die durch die sog. biologische Reaktion als solche erkennbaren „arteigenen" Eiweißstoffe. Die verschwundenen Peptone werden in den Epithelzellen des Darms und in der Darmwand zum Aufbau neuer Protoplasmamoleküle verwendet und diese geben bei ihrem Zerfall ein „inneres Sekret" an den Chylus, den Speisesaft der Lymphgefäße, ab, das, gleich dem äußeren Sekret der Milchdrüse, neben arteigenen Eiweißkörpern auch arteigene Fette enthält, die, wie in der Milch, auch bei fettfreier Nahrung nicht fehlen. Die großen Moleküle des Nahrungseiweißes müssen also deshalb in einfachere Verbindungen zerlegt werden, weil sie sich in ihrer ursprünglichen Form in die Architektur der neu zu bildenden Moleküle nicht würden einfügen lassen, etwa so, wie man zur Nachahmung eines Mosaikbildes nicht größere Bruchstücke eines anderen Bildes, sondern höchstens kleine Splitter eines solchen verwenden kann. Nur darf dieser Vergleich nicht so aufgefaßt werden, als ob die Spaltprodukte nach einem häufig gebrauchten Ausdruck als „Zellbausteine" verwendet werden; denn erstens handelt es sich nicht um den Aufbau einer Zelle, in der Millionen von Protoplasmamolekülen mit nicht protoplasmatischen Formelementen untergebracht sind; und zweitens werden Bausteine bloß zusammengefügt oder zusammengekittet, während wir immer an die chemische Synthese überaus komplizierter Moleküle denken müssen, zu denen sich die der Nahrung entnommenen Atomkomplexe mit ihren bei der Assimilation frei gewordenen Affinitäten (chemisch Verwandten) vereinigen.

Endgültig läßt sich die schwierige Frage von der Assimilierbarkeit niederer Stickstoffverbindungen durch die tierischen Protoplasmen noch nicht erledigen; erst eingehende Versuche, bei denen die von Dr. Kassowitz vorgebrachten Bedenken Berücksichtigung finden, werden helleres Licht über dieses wichtige biologische Problem verbreiten.

Harnstoff wird nicht nur im Tierleibe, sondern nach den Untersuchungen von R. Fosse auch im Pflanzenkörper gebildet. Er ist in verschiedenen Schimmelpilzen und in den keimenden Samen von Weizen, Gerste, Mais, Erbsen, Klee und Pferdebohnen entdeckt worden. Dieses einfache gebaute stickstoffhaltige Stoffwechselprodukt wird von der Pflanze nicht ausgeschieden, sondern wieder zum Aufbau verwertet, während derselbe Harnstoff mit anderen nicht mehr assimilierbaren Stickstoffverbindungen von den Tieren während ihres ganzen Lebens nach außen abgegeben wird. Diese Stoffe sind alle noch verbrennbar, es geht daher durch ihre Ausscheidung dem Organismus fortwährend noch nicht ausgenützte chemische Spannkraft verloren, was allen denen zu denken geben sollte, die die Nahrungsstoffe als Energielieferanten nach ihrem Brennwerte einschätzen; Gegenstück hierzu ist die haushälterische Sparsamkeit, mit der derselbe Organismus jedes Minimum von assimilierbarer Substanz (Bluteiweiß, Blutzucker) zurückhält. Das geschieht alles ganz unbewußt und rein mechanisch, indem das Protoplasma der Nierenepithelien durch seine assimilierende Tätigkeit dem vorbeifließenden Filtrate der Nieren-

kapseln alle assimilierbaren Stoffe bis auf den letzten Rest entzieht, während der Harnstoff und ähnliche einfachere Stickstoffverbindungen nicht nur nicht assimiliert werden können, sondern sich auch noch als im Blute kreisende Protoplasmagifte durch die Nierenzellen hindurch ihren Weg nach außen erzwingen.

In bezug auf diese regelmäßige Stickstoffausscheidung des tierischen Organismus ist noch eine Reihe von merkwürdigen Tatsachen bekannt, die für die stark verbreitete Annahme, daß die Nahrungsstoffe direkt ohne Dazwischentreten von Aufbau und Zerfall des Protoplasmas zersetzt werden, vollkommen unverständlich geblieben sind. Als wichtigste führt Prof. Kassowitz folgende an:

1. Im Gegensatz zu der Ausscheidung der Kohlensäure, die mit den Lebensäußerungen der Organismen, insbesondere mit ihrer Muskeltätigkeit, genau parallel geht, bleibt die Stickstoffausscheidung bei Ruhe und bei gewöhnlicher, nicht übermäßiger Arbeit beinahe unverändert.

2. Die Vermehrung des Harnstickstoffs bei angestrengter und anhaltender Muskeltätigkeit, die als Nachwirkung auch noch in den ersten Ruhetagen andauert, kann durch massenhafte Zufuhr von Kohlehydraten ganz oder nahezu vermieden werden.

3. Wird Eiweiß allein in noch so großen Mengen verfüttert, so erscheint der ganze darin enthaltene Stickstoff nach wenigen Stunden in den Ausscheidungen. Dagegen wird ein Überschuß von Zucker nicht verbrannt und sein Kohlenstoff nicht als Kohlensäure ausgeschieden, sondern er bewirkt nur eine Vermehrung der Glykogen- und Fettreserve, zum Teil sogar innerhalb der arbeitenden Muskelmaschine selbst.

4. Bei Hunger dauert die Stickstoffausscheidung bis zum Tode fort. Gibt man Zucker und Fett ohne Eiweiß, so wird die Stickstoffausscheidung zwar vermindert, aber nicht aufgehoben, und das Leben wird bei vollständiger Entziehung des Eiweißes auch durch die reichlichste stickstofffreie Nahrung nur um wenige Tage verlängert.

5. Kleine Tiere haben einen lebhafteren Stickstoffwechsel als größere. Sie scheiden auf die Gewichtseinheit mehr Kohlensäure und mehr Stickstoff aus; aber die Vermehrung des ausgeschiedenen Stickstoffes ist verhältnismäßig stärker als die Vermehrung der Kohlensäure.

Die Stellung, welche die Anhänger der direkten Zersetzung oder Verbrennung der Nahrungsstoffe zu diesen fundamentalen Tatsachen des tierischen Stoffwechsels einnehmen, wird von Prof. Kassowitz als unhaltbar nachgewiesen. Ganz anders stehe die metabolische Auffassung der Stoffzersetzung diesen Tatsachen gegenüber; sie kann außer den vorbereitenden Fermentspaltungen der komplizierteren Nahrungs- und Reservestoffe keine direkte Zersetzung oder Verbrennung der dabei gewonnenen Spaltprodukte (Albumosen, Peptone, Fettsäuren, Traubenzucker usw.) anerkennen. Diese werden immer nur zur Synthese vielatomiger und überaus zersetzbarer Protoplasmamoleküle verwendet, und alle Produkte des Stoffwechsels, ob sie nun im Körper verbleiben (Serumeiweiß, arteigene Neutralfette, Glykogen) oder nach außen als Sekrete (Milch- oder Samenbestandteile) oder als Exkrete (Kohlensäure, Harnstoff und andere Harnbestandteile) abgegeben werden, stammen immer nur aus dem Zerfall der labilen chemischen Einheiten des Protoplasmas ab. Diese Auffassung hat schon den einen großen Vorteil, daß man dabei nur mit bekannten und sicher existierenden Faktoren zu rechnen hat, nämlich mit dem Aufbau von lebender Substanz auf Kosten lebloser Stoffe und mit dem Zerfall dieser Substanz in leblose Zerfallsprodukte. Wenn Tier oder Pflanze aus winzigem Keim zu einem ausgewachsenen Individuum wird, so wissen wir ganz bestimmt, daß große Massen von neuem Protoplasma auf Kosten der Nahrung gebildet worden sind; dasselbe ist sicherlich der Fall, wenn ein halb verhungertes und aufs äußerste abgemagertes Tier bei reichlicher Nahrung die verloren gegangenen Protoplasmateile wieder ersetzt. Und wenn bei Hunger bis zum Tode Stoffwechselprodukte ausgeschieden werden, oder wenn der Tod auf andere Weise herbeigeführt wird, dann wissen wir wieder ganz bestimmt, daß wenigstens ein Teil der Ausscheidungen von verloren gegangenem Protoplasma herrühren muß, und daß im Momente des Absterbens an die Stelle des lebenden Protoplasmas tote Zerfallsprodukte seiner zersetzlichen Moleküle getreten sind. Dagegen bewegt man sich mit der Annahme einer direkten Verbrennung von Zucker und Fett und einer Umwandlung von Eiweiß in Harnstoff, Harnsäure und andere niedere Stickstoffverbindungen ausschließlich auf dem Gebiet der Hypothese, und es würde daran wenig geändert werden, wenn solche Oxydationen und Umsetzungen außerhalb des Organismus durch Fermente oder durch verwickelte chemische Vornahmen bewerkstelligt werden könnten, wozu allerdings vorläufig nur geringe Aussicht vorhanden ist.

Wird aber Eiweiß immer nur zur Bildung der stickstoffhaltigen Komplexe von Protoplasmamolekülen verwendet, die außerdem auch andere Atomgruppen enthalten, zu deren Bildung Zucker oder Fett und die anorganischen Nahrungsstoffe verwendet werden, dann sind wir aus verschiedenen Gründen genötigt, zweierlei Arten des Protoplasmazerfalls anzunehmen. Schon die eine fundamentale Tatsache, daß der Kohlenstoff der stickstoffreien Nahrung bei lebhafter Muskeltätigkeit alsbald in der ausgeatmeten Kohlensäure zum Vorschein kommt, dagegen bei Muskelruhe sich ein Leber- und Muskelglykogen (Leberstärke, ein Reservestoff) und möglicherweise auch ein Reservefett ablagert, zwingt uns anzunehmen, daß die Protoplasmamoleküle, wenn ihnen stärkere Reize auf den Nervenbahnen zufließen, unter Verbrennung ihrer stickstoffreien Atomkomplexe zerfallen, daß sie aber beim Ausbleiben derartiger Reize auch nicht beständig sind, sondern durch Wachstumsdruck oder lokale Erschütterung oder ähnliche schwächere Einwirkungen zum Zerfall gebracht werden, wobei aber die stickstofffreien Komplexe nicht verbrennen, sondern als Glykogen oder als Neutralfett abgespalten werden. Da nun durch die Muskelarbeit



nur die Ausscheidung der Kohlensäure, nicht aber des Harnstoffes gesteigert wird, während Glykogenbildung in der Leber immer mit vermehrter Harnstoffbildung einhergeht, so müssen wir wiederum schließen, daß bei ersterer Art des Zerfalles, bei der die stickstoffreien Gruppen verbrannt werden, die stickstoffhaltigen Komplexe wenigstens zum großen Teil in Form von Serumeiweiß abgespalten werden und so zum Wiederaufbau der zerstörten Moleküle verwendet werden können. Im Gegensatz zu dieser Art des Zerfalls, den Prof. *Kassowitz* als den *aktiven* bezeichnet, weil er mit mechanischer Arbeitsleistung, Wärmebildung und andern auffallenden Erscheinungen einhergeht, können offenbar die eiweißartigen Komplexe der Protoplasmamoleküle bei dem *inaktiven Zerfall* der letzteren, der die stickstofffreien Komplexe als Glykogen oder Fett abspaltet, nicht in Zusammenhang bleiben; der in ihnen enthaltene Stickstoff geht dabei in nicht assimilierbare Zerfallsprodukte über, die überdies gegen das reizbare Protoplasma nicht mehr indifferent (ohne Wirkung) sind und daher durch die Niere ausgeschieden werden.

Unter gewöhnlichen Umständen, bei Muskelruhe oder bei gewöhnlicher Arbeit, müssen sich die Folgen des aktiven und inaktiven Zerfalls in bezug auf Stickstoffausscheidung gegenseitig ausgleichen. Diese kompensierende Ausgleichung wird aber bei angestrengter Arbeit in empfindlicher Weise gestört. Der aus dem aktiven Zerfall herrührende „Arbeitsstickstoff" wird, entsprechend den viel häufigeren Muskelzusammenziehungen, bedeutend vermehrt; aber der aus dem inaktiven Zerfall stammende „Umsatzstickstoff" wird jetzt nicht nur nicht weniger, sondern er muß ebenfalls in reichlicherem Maße abfallen, weil der Nahrungszucker zum Wiederaufbau der bei jeder Zusammenziehung verbrannten stickstoffreien Komplexe nicht mehr ausreicht, und daher der Blutzucker und in zweiter Linie die zu seinem Ersatz dienende Glykogenreserve herangezogen werden muß. Diese Reserve wird aber, solange noch Material dazu vorhanden ist, immer wieder ersetzt. Wenn nicht Eiweiß, Zucker und Fett der Nahrung zur Verfügung stehen, wird das Eiweiß der Blutkörperchen mit dem Reservefett zur Bildung von neuem, glykogenbildendem Protoplasma herangezogen, und dieses zerfällt dann wieder unter Abspaltung von Glykogen und reichlichem Harnstoff. Deshalb führt beim hungernden Tiere schon eine mäßige Muskelarbeit eine deutliche Steigerung der Stickstoffausscheidung herbei, weil hier die Umsetzung der Reservestoffe in Blutzucker durch Vermittlung von Aufbau und Zerfall der glykogenabspaltenden Protoplasmen in viel reichlicherem Maße erfolgt, als wenn ein Teil des notwendigen Zuckers mit der Nahrung geliefert wird. Deshalb kann man auch bei angestrengter Arbeit der Vermehrung der Stickstoffausscheidung vorbeugen durch reichliche Zufuhr von Zucker oder von zuckerbildenden Substanzen.

Auch die sogenannte Luxuskonsumtion von Eiweiß, worunter man die Zersetzung jeder beliebigen Menge von Nahrungseiweiß versteht, bereitet der metabolischen Auffassung des Stoffwechsels keine Schwierigkeit, während alle Theorien, die mit einer einfachen Umwandlung von Eiweiß in Harnstoff und andere stickstoffhaltige Auswurfstoffe operieren, sich vergeblich an ihr abgemüht haben. Eine eingehende Darlegung dieser komplizierten Verhältnisse würde hier zu weit führen. Prof. *Kassowitz* verweist hinsichtlich derselben auf den 1. und 3. Band seiner Allgemeinen Biologie.

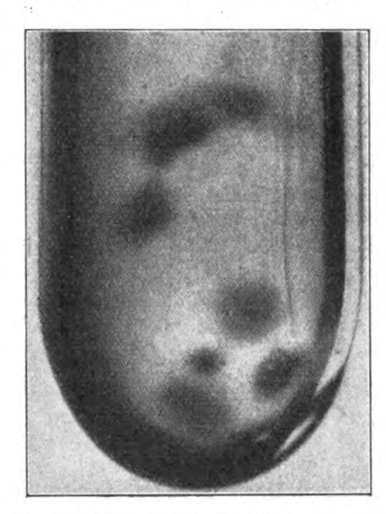
Wunderbare Entdeckungen über das *selbständige Leben der Gewebe und Organe* sind jüngst veröffentlicht worden*). Bekanntlich erfolgen die Bewegungen der willkürlichen Muskeln auf Anregung durch ihre Nerven, ein Muskel, dessen Nerv durchschnitten ist, verharrt vollkommen untätig, wenn er nicht künstlich, z. B. durch elektrische Schläge, gereizt wird. Daher mußte es auf den ersten Blick beinahe als selbstverständlich erscheinen, daß auch der Herzmuskel zu seiner Tätigkeit durch Nerven veranlaßt werde. Nun aber setzt ein ausgeschnittenes Herz, das also nicht mehr unter dem Einfluß des Zentralnervensystems steht, seine regelmäßige Tätigkeit einige Minuten lang und, wenn es mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt wird, tagelang fort. Hierbei könnten jedoch noch die Nervenzellen und Nervenfasern, die das Herz selbst in beträchtlicher Menge enthält, mitwirken. Diese Nervenelemente entwickeln sich, wie man aus den Untersuchungen frühester (embryologischer) Herzzustände weiß, erst zu einer Zeit, in der der Herzmuskel schon ausgebildet ist und seine regelmäßige Tätigkeit schon lange ausübt. Wenigstens auf dieser frühen Stufe der Entwicklung muß also die Ursache der rhythmischen Zusammenziehungen im Muskel selbst gelegen sein, sie muß *myogen* (muskelentstammend) sein. Es könnte also auch ferner der Herzmuskel sich die Fähigkeit bewahrt haben, ohne Erregung durch Nerven rhythmisch tätig zu sein, keiner Anregung neurogener Art zu bedürfen. Daß trotzdem Nerven zum Herzen hin laufen und dieses selbst von Nervenzellen und Nervenfasergeflechten durchsetzt ist, tut der Hypothese vom myogenen Ursprung des Herzschlages keinen Abbruch; denn es steht fest, daß die von außen her zum Herzen tretenden Nerven nicht zur Erregung, sondern nur zur Regelung der Herztätigkeit dienen, und ebenso könnte es sich mit den im Innern gelegenen nervösen Elementen verhalten.

Neuerdings ist man der Lösung dieser Frage nähergekommen. Es war nicht nur seit geraumer Zeit schon gelungen, Stücke tierischen Gewebes außerhalb des Körpers in künstlichen Nährflüssigkeiten lebend zu erhalten, es ist neuerdings auch geglückt, solche Gewebszellen zum Wachstum und zur Teilung zu veranlassen. Der New Yorker Chirurg *Carrel* benutzte dazu Bindegewebezellen, die er wie Bakterien oder Hefen behandelt, die man bei geeignetem Ausgangsmaterial beliebig

*) A. Carrel, Neue Untersuchungen über das selbst. Leben d. G. und Organe. Berl. klin. Wochenschr. 1913, S. 1097 ff. — Prof. Dr. Du Bois-Reymond, Künstliche Züchtung von Herzmuskelzellen. Die Naturwissenschaften 1913, S. 1288.



lange und in beliebiger Menge in Reinkultur züchten kann. Die günstigsten Erfolge wurden bei Kultur der Zellen in einem Gemisch von Blut-



Kultur von Bindegewebszellen in Röhrchen nach Carrel (stark vergrößert).

plasma (2 Volumina) mit Gewebesaft (1 Volumen) erzielt, am besten wirkte das Plasma recht junger Tiere. Die Gewebestückchen, die länger kultiviert werden sollen und dabei nur geringe Plasmamengen zur Verfügung haben, müssen alle zwei bis drei Tage mit Ringerscher Salzlösung gewaschen und in neues Plasma übertragen werden, da die Anhäufung der Stoffwechselprodukte das Wachstum bald hemmen würde.

Zwei Beispiele langdauernder Lebenserhaltung teilt Carrel in seiner letzten Arbeit mit. Ein kleines Fragment aus dem Herzen eines Hühnerembryos, bestehend aus Herzmuskel und Bindegewebe, wurde am 17. Januar 1912 in Kultur nommen und wie oben angegeben behandelt. Beim Herzmuskelstück erloschen die Pulsationen nach einigen Tagen, und über einen Monat stand das Herz still. Am 29. Februar wurde der zentrale Teil des Stückchens isoliert und in eine neue Kultur gebracht; sofort begannen wieder Pulsationen, so kräftig wie in den ersten Tagen und mit 120 bis 130 Schlägen in der Minute. Im März und April schlug das Herzfragment mit 60 bis 120 Schlägen in der Minute, am höchsten war die Zahl sogleich nach Übertragung in ein neues Plasma, während zwei bis drei Tage später fast völliger Stillstand eingetreten war. Am 104. Tage, also nach fast viermonatlichem Dasein außerhalb des Organismus, ging das Stückchen beim Wechseln der Nährflüssigkeit verloren.

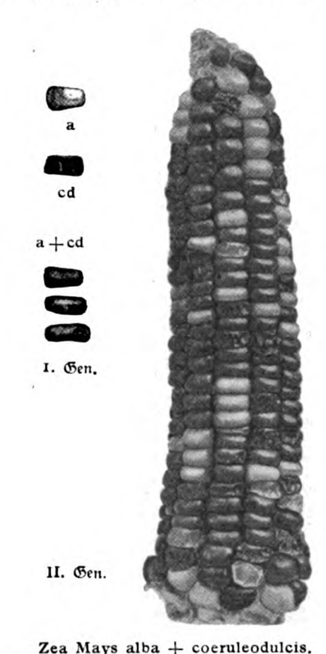
Dem gleichzeitig eingelegten Bindegewebstückchen war ein noch längeres Leben beschieden. Es entwickelten sich daraus zahlreiche Kulturen, die teils zwar durch Infektion (Ansteckung) zu Grunde gingen, teils sich aber so rasch vermehrten, daß im Januar 1913 schon wieder mehr als 30 vorhanden waren. Am 28. April 1913, also 466 Tage nach der Entnahme aus dem Embryo, lebte das Bindegewebe noch, nachdem etwa 172mal die Nährflüssigkeit gewechselt war. Proben dieses Gewebes, die 14 Monate nach der Entnahme in Röhrchen mit Plasma eingeimpft wurden, vermehrten sich in 5 bis 6 Tagen auf das 30- bis 40fache, verhielten sich also ganz wie Bakterien, die einem neuen Nährmedium eingeimpft werden.

Die Vererbung und ihre Gesetze.

Nach ewigen, ehernen, großen Gesetzen müssen wir alle unseres Daseins Kreise vollenden.

Diese Gesetze, die der Dichter vor mehr als hundert Jahren mit prophetischer Sehergabe vorausschaute, beginnt die Wissenschaft jetzt allmählich zu entdecken und in feste Formeln zu fassen. Zu ihnen gehören u. a. die neuen Vererbungsgesetze, die Prof. C. Correns*) in Form eines Vortrages und in allgemeinverständlicher Form behandelt hat.

In den letzten zehn Jahren ist es in vielen Fällen möglich geworden, feste Gesetze aufzudecken, nach denen die Übertragung der Anlagen von einer Generation auf die andere erfolgt, Gesetze, welche die Entfaltung der unsichtbaren Anlagen zu den sichtbaren Merkmalen beherrschen. Zunächst bei Pflanzen gefunden, haben sich diese Gesetze auch bald bei Tieren nachweisen lassen; sie gelten auch sicher ganz allgemein für die Menschen, wenn



Zea Mays alba + coeruleodulcis.
Zwei Generationen: Die Eltern a cd darunter die I. Generation des Bastardes: ein normales Bastardkorn (glatt blau) und zwei der seltenen Mosaikbildungen eines in der Farbe und eines in der Form Mosaik.**)

der Nachweis hier auch auf größere Schwierigkeiten stößt und zurzeit erst für wenige, besonders leicht faßbare Eigenschaften gelungen ist. Immer-

*) Die neuen Vererbungsgesetze. Mit 12 Abbild. Verlag von Gebr. Borntraeger, Berlin 1912.

**) Aus: C. Correns, Die neuen Vererbungsgesetze. Verlag von Gebr. Borntraeger, Berlin.

hin sind wir nun doch dem Ziele nähergerückt, die Vererbungslehre in den Dienst des Allgemeinwohls gestellt zu sehen.

Der Vererbungsvorgang in der Biologie stimmt mit der Vererbung eines Besitztums nur so weit überein, als bei beiden Vorgängen die genetischen Beziehungen zwischen Eltern und Kindern im Spiele sind. Die Eigenschaften selbst, die roten oder schwarzen Haare oder die Charakteranlagen, werden nicht direkt von einer Generation zur andern weitergegeben. Die Keimzellen der Eltern, aus deren Vereinigung das Kind entsteht, zeigen die Merkmale nicht, sie treten beim Kind erst wieder ganz neu auf. In diesen Keimzellen muß aber doch etwas vorhanden sein, was dafür sorgt, daß sich beim Kind später im Lauf der Entwicklung dasselbe Merkmal zeigt, das beim Vater vorhanden ist. Dieses Etwas nennen wir die Anlage für das Merkmal, und eine solche Anlage muß schon beim Vater dafür gesorgt haben, daß das Merkmal bei ihm aufgetreten ist, er hat die Anlage von einem seiner Eltern erhalten usf. Ein befriedigender Aufschluß über die Natur und die Entstehung dieser Anlagen läßt sich gegenwärtig noch nicht geben.

Von Generation zu Generation weitergegeben werden also nicht die sichtbaren Merkmale selbst, das Kleid, in dem sich uns die Anlagen zeigen, sondern die an sich unsichtbaren Anlagen. Bei jedem Einzelwesen weben sie sich ein neues Kleid; wie dieses ausfällt, hängt aber nicht bloß von den Anlagen ab, sondern auch von den Bedingungen, unter denen sie zu Merkmalen werden.

Sind genau die gleichen Bedingungen gegeben, so wird sich aus derselben Anlage auch immer wieder genau das gleiche Merkmal bilden, während veränderte Bedingungen aus derselben Anlage ein wesentlich verändertes Merkmal hervorgehen lassen werden. Sät man z. B. den Samen von Alpenpflanzen, etwa alpinen Habichtskräutern, im Tieflande aus, so zeigen die hier aufwachsenden Sämlinge ein ganz abweichendes Aussehen, werden viel größer, reicher verzweigt und reichblütiger, so daß man sie kaum wiedererkennt. Jedenfalls ist also nicht das Merkmalskleid, in dem die Anlagen in Erscheinung treten, erblich, sondern diese Anlagen selbst. Eines der Kleider, das unter den gewöhnlichen Bedingungen entstehende, pflegen wir als das normale anzusehen; aber es können aus einer bestimmten Anlage noch viele andere unterscheidbare Kleider, viele Modifikationen im Sinne Nägelis, hervorgehen, entsprechend ebenso vielen wirksamen äußeren Eingriffen.

Neue Individuen entstehen im Pflanzen- wie im Tierreich auf geschlechtlichem oder ungeschlechtlichem Wege. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist das neue Individuum einfach ein Stück des alten, wird also unter den gleichen Bedingungen dieselben Merkmale zeigen, wie sein Vorfahr. Deshalb vermehrt die gärtnerische Praxis ja Pflanzen mit schätzenswerten Eigenschaften durch Stecklinge und Propfreiser. So ist man sicher, wieder dieselbe Sorte mit allen ihren charakteristischen Eigenschaften zu bekommen, was allerdings nur deshalb möglich ist, weil bei Pflanzen für gewöhnlich in allen Teilen des Individuums eine vollständige „Garnitur" der Anlagen steckt.

Wenn bei der geschlechtlichen Fortpflanzung in den zwei Keimzellen, die sich zur Bildung eines neuen Einzelwesens vereinigen, die Anlagengarnituren unter sich und mit den Anlagengarnituren der Eltern vollkommen übereinstimmen, so ist nicht einzusehen, warum nicht bei gleichen Entwicklungsbedingungen die neuen Individuen auch alle untereinander gleich sein und genau den Eltern gleichen sollten. Eine solche völlige Gleichheit der sich vereinigenden Keimzellen ist nur da verwirklicht, wo sich ein Organismus zwar geschlechtlich, aber ausschließlich durch Selbstbefruchtung fortpflanzt, wo also dasselbe Einzelwesen männliche und weibliche Keimzellen bildet und diese sich zur Bildung der Nachkommenschaft vereinigen, während der Zutritt fremder, von einem andern Individuum stammender Keimzellen völlig ausgeschlossen ist. Das kommt nur bei manchen Pflanzen vor (Erbsen, Bohnen, Weizen, Gerste), und auch da nicht immer ganz scharf ausgeprägt. Bei den meisten Pflanzen und Tieren ist aber durch Geschlechtstrennung, durch Selbststerilität oder auf andere Weise dafür gesorgt, daß fremde männliche Keimzellen die Befruchtung ausführen müssen.

Auf der Verschiedenheit der Keimzellen beruht, neben der verschiedenen Wirkung äußerer Einflüsse, die allbekannte Verschiedenheit unter den Nachkommen desselben Elternpaares. Daß etwas wirklich ganz Neues, erblich Fixiertes, eine sog. „Mutation", entsteht, kommt nur ausnahmsweise vor (s. Jahrb. III, S. 180 u. folg.). Je besser für den Zutritt fremder Keimzellen gesorgt ist, desto weniger einförmig — das lehrt auch die Erfahrung — wird der Stammbaum sein. Jedoch können auch die Eltern äußerlich genau gleich sein und doch ganz anders aussehende Kinder hervorbringen. Ja man kann auch durch Selbstbestäubung eine bunte Nachkommenschaft erhalten, die der Stammpflanze gar nicht oder nur teilweise gleicht, wenn letztere nämlich ein Abkömmling zwei verschiedenartiger Eltern ist. Eine konstant weiß blühende und eine ständig gelblich blühende Pflanze (Mirabilis Jalapa alba und M. J. gilva) können zusammen eine rosa und rotgestreift blühende hervorbringen, aus der durch Selbstbestäubung mindestens elferlei schon äußerlich verschiedene Enkel hervorgehen. In solchen Fällen bildet eben ein und derselbe Organismus verschiedenerlei Keimzellen, und daß dies möglich ist, hängt mit der Art und Weise zusammen, wie die Keimzellen überhaupt gebildet werden. Voraussetzung für das Auftreten einer solchen bunten Nachkommenschaft trotz Selbstbefruchtung ist, daß früher einmal Keimzellen mit verschiedenen Anlagegarnituren zusammenkamen. In einer „reinen Linie" (bei ununterbrochener Selbstbefruchtung) sind die Nachkommen dagegen wenigstens innerlich gleich, trotz der Vorgänge bei der Keimzellenbildung.

Sind nun die Eltern eines geschlechtlich entstandenen Individuums auffällig verschieden, so



pflegt man das Erzeugte einen **Bastard** zu nennen (Maulesel = Pferd × Esel = Bastard), und heutzutage bezeichnet man am einfachsten **jede Vereinigung zweier Keimzellen, die nicht die gleichen erblichen Anlagen haben, als Bastardierung**, gleichgültig, wie nah oder wie fern die Eltern verwandt sind. Genau genommen wären dann freilich beim Menschen die Kinder faktisch stets das Produkt einer Bastardierung, denn die Eltern stimmen nie ganz in ihren äußeren Merkmalen, und noch weniger in ihren Anlagengarnituren überein.

Der erste, welcher eine Gesetzmäßigkeit in der Vererbung besonderer Anlagen entdeckte, war bekanntlich der Augustinermönch Gregor **Mendel** in Brünn. Seine Arbeit, die „Versuche über Pflanzenhybriden", erschien im Jahre 1866 in den Sitzungsberichten des naturforschenden Vereins zu Brünn, erfuhr aber zunächst gar keine Beachtung in der gelehrten Welt. Heute sind die Resultate seiner Forschung, die er fast nur an Bastarden zwischen verschiedenen Erbsensorten unternahm, allgemein anerkannt: in England hat man die ganze neue Vererbungslehre „Mendelismus" genannt; bei uns sagt man von einem Bastard, der den von Mendel entdeckten Gesetzen folgt, er „mendelt", und daß der bescheidene Forscher an der Stätte seiner ehemaligen Wirksamkeit ein Denkmal besitzt, ist eigentlich selbstverständlich.

Anstatt mit einer der klassischen Bastardierungen zu beginnen, die **Mendel** selbst ausgeführt hat, gibt Prof. **Correns** zunächst einen noch einfacheren Fall, zu dessen Ausführung eine der ältesten aus der Neuen Welt eingeführten Gartenpflanzen, die schon oben erwähnte „Wunderblume" (Mirabilis Jalapa), eine buschige Staude aus Zentralamerika, benutzt wurde. Die Pflanze hat ihren deutschen Namen davon, daß die trichterförmigen, windenähnlichen Blüten nur eine Nacht, vom Abend bis zum Morgen, offenstehen und sich dann für immer schließen. Ihre Farbe geht vom reinen Weiß durch allerlei Nuancen bis zu tiefem Gelb und tiefem Rot. Daneben gibt es vielerlei Sorten mit verschiedenartig gestreiften Blüten.

Aus einer Kreuzung der rotblühenden und der weißblühenden Varietät der Wunderblume geht bekanntlich ein Bastard von Mittelstellung mit rosa Blüten hervor. Wird dieser Bastard mit seinem eigenen Pollen bestäubt, so treten unter den Nachkommen dreierlei Typen hervor: zwei gleichen den beiden Eltern, haben also rote bezw. weiße Blüten, der dritte gleicht dem Bastard. Das alles wußte man schon vor **Mendel**. Was er Neues hinzutat, war die Untersuchung dieser verschiedenartigen Nachkommenschaft bezüglich ihres Zahlenverhältnisses. Er fand, daß die elterngleichen Typen je nur die halbe Anzahl ($^1/_4$ weiße und $^1/_4$ rote) der Bastardtypen ausmachen und daß weiter diese elterngleichen Typen bei Bestäubung unter sich in den folgenden Generationen dauernd konstant bleiben, während die Bastardtypen (50 Prozent rosa) in der zweiten Generation und weiter wieder und wieder aufspalten.

Mendel sagte sich: wenn die Anlagen für die Merkmale bei der Bildung der Keimzellen getrennt werden, so kommen aller Wahrscheinlichkeit nach auf die einzelnen Anlagen ungefähr gleichviel Keimzellen beider Sorten. Es werden also gebildet werden

männlich { 50% mit der Anlage für rot,
50% mit der Anlage für weiß,

weiblich { 50% mit der Anlage für rot,
50% mit der Anlage für weiß.

Treten diese dann zur Bildung der nächsten Generation zusammen, so wird es zu folgenden Vereinigungen kommen: rot × rot, weiß × weiß, rot × weiß, weiß × rot. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden nun alle diese Kombinationen gleich häufig zustandekommen, und so werden sich, da rot × rot = rot, weiß × weiß = weiß, rot × weiß aber ebenso wie weiß × rot = rosa ergeben, die bekannten Zahlenverhältnisse bilden: 25 Prozent rote, 50 Prozent rosa, 25 Prozent weiße Blüten.

Auch in den folgenden Generationen ist das Verhältnis stets dasselbe: die hellrot blühenden Pflanzen geben niemals ihresgleichen allein, sondern stets auch weiße und tiefrotblühende Pflanzen im Zahlenverhältnis 1 weiß : 2 hellrosa : 1 rot, sie mögen auftreten, in welcher Generation sie wollen. Dabei wächst natürlich die Zahl der reinblütigen Pflanzen unablässig, so daß bei reiner Selbstbefruchtung die Nachkommenschaft des Bastards schließlich wieder aus den zwei reinen Elternsippen alba und rosea bestehen muß, wenn die dreierlei Individuen in allen Generationen dieselben gleich großen Chancen haben, sich fortzupflanzen, und wenn keine neuen Bastardierungen eintreten. Von der zweiten Generation besteht die Hälfte aus hellrosaroten Bastarden, von der dritten $^4/_{16} = {}^1/_4$, von der vierten $^8/_{64} = {}^1/_8$ usw., und da die Gesamtzahl der Individuen natürlich nicht unbegrenzt zunehmen kann, wird der Bruchteil Bastarde bald gleich 0.

Mendel legte seinen Untersuchungen nicht das gesamte Erbgut der Pflanze zugrunde, er knüpfte seine Versuche an einzelne Merkmale, und dies führte ihn zu seinen wichtigen Entdeckungen. Es wurden auch zwei und mehrere Merkmale in Betracht gezogen, z. B. eine Kreuzung von gelben und glatten Erbsen einerseits und grünen und runzligen Erbsen anderseits unternommen. Auch hier gelang es, Typen zu erzielen, die vorher noch nicht da waren, nämlich gelbe runzlige und grüne glatte. Bei manchen formenreichen Pflanzen läßt sich aus der großen Zahl der unabhängigen Erbeinheiten und aus ihrer Zusammenfügung die große Flut von Formen gut erklären, wie dies z. B. **E. Baur***) durch langjährige Versuche mit dem großen Löwenmaul (Antirrhinum majus), einem sehr wechselreichen Objekt der Gartenkultur, nachgewiesen hat.

Besonders interessant ist natürlich die Anwendung dieser Ergebnisse auf den **Menschen**, wo sich Versuche natürlich nicht machen lassen und man auf das Studium von Stammbäumen angewiesen ist; diese aber sind selten vollständig genug und genau genug aufgenommen. So ist einstweilen

*) Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. Berlin 1911.



nur da ein Ergebnis zu erwarten, wo es sich um sehr leicht festzustellende, durch eine einzige Anlage bedingte Eigenschaften handelt. Naturgemäß haben deshalb Bildungsabweichungen und Krankheiten die meisten Fälle mendelnder Vererbung beim Menschen geliefert. Sicher nachgewiesen ist sie z. B. für Kurzfingerigkeit, bei der Finger und Zehen nur zwei Glieder haben (Brachydaktylie), bei Hyperdaktylie, bei der überzählige Finger und Zehen gebildet werden, für grauen Star, für manche Formen der Nachtblindheit, d. h. der Unfähigkeit, in der Dämmerung zu sehen, für eine ganze Reihe von Hautkrankheiten. Dabei bildet natürlich immer der kranke oder anormale Zustand mit dem normalen ein Merkmalspaar.

Manchmal ist die Gesetzmäßigkeit dadurch weniger deutlich, daß die Erkrankung nur das eine Geschlecht trifft, während das andere (oder beide Geschlechter) die Krankheit vererbt. Besonders gut sind wir hier hinsichtlich der Farbenblindheit unterrichtet, auch die Bluterkrankheit (Hämophilie) und die Gowersche Krankheit (eine Art Muskelparalyse) gehören hierher. In allen diesen Fällen dominiert der anormale, krankhafte Zustand über den normalen. Schwieriger war schon festzustellen, daß das Gesetz für die Farbe der Augen Gültigkeit hat; mit der Haarfarbe sind wir noch nicht so weit. Wenn man auch überzeugt sein darf, daß unsere geistigen Eigenschaften dem Spaltungsgesetz folgen, so dürfte es doch noch sehr lange dauern, bis wir das wirklich beweisen können. Jedoch ist es im Lichte der neuen Erfahrungen ebenso verständlich, daß ein Genie als Sprößling zweier nur durchschnittlich begabter Eltern aufzutreten pflegt und keine Genies zu Nachkommen hat, wie auch daß es ganze Maler-, Musiker- und Mathematiker-Familien gegeben hat. Im ersten Falle wird es sich um eine nur selten auftretende „glückliche“ Kombination verschiedener Anlagen, im andern um die Vererbung einer oder einiger weniger Anlagen handeln.

Viel verwickelter wird die Frage, wie sich die Bastarde verhalten, wenn sich die Eltern in zwei oder mehr Punkten unterscheiden und wir diese zugleich betrachten. Als Beispiel eines solchen Dihybriden nimmt Prof. Correns die Nachkommenschaft zweier verschiedenartiger, erblich konstanter Sorten Mais, zu unterscheiden vor allem nach dem Aussehen der Körner, die an den Maiskolben sitzen. Die bei uns bekannteste Sorte hat gelbe glatte Körner; es gibt aber auch eine mit glatten weißen Körnern (Zea Mays alba) und eine mit blauen Körnern, die in reifem trockenen Zustande runzelig sind (Zea Mays coeruleodulcis). Diese zwei Sippen unterscheiden sich also in zwei Punkten, die gar nichts miteinander zu tun haben, in der Farbe und in der Form der Körner. Nach der Form kann man ein Merkmalpaar glatt-runzlig, nach der Farbe ein zweites, blau-weiß, aufstellen. Glatt dominiert über runzlig, und blau (annähernd) über weiß; denn die Bastardkörner sind glatt und mehr oder weniger intensiv blau. Von den sichtbaren Eigenschaften des Bastards stammt also die eine vom einen, die andere vom andern Elter; beide Eltern sind am Bastard nachweisbar. Ziehen wir nun bei strenger Inzucht die zweite Generation unseres Bastards auf; da beim Mais jedes Korn einem Individuum entspricht, so zeigt ein Maiskolben eine zahlreiche Nachkommenschaft auf einmal. Man sieht sofort, daß viererlei Körner vorhanden sind: glatte blaue, glatte weiße, runzelige blaue, runzelige weiße. Zwei davon sind uns schon bekannt, es sind die der Eltern (glatt-weiß, runzelig-blau); die beiden andern sind uns neu. Eine Betrachtung des Kolbens zeigt sogleich, daß die viererlei Körner der zweiten Generation nicht gleich häufig sind. Die glatten blauen sind weitaus die zahlreichsten, die weißen runzeligen am seltensten. Eine Durchzählung mehrerer Kolben ergibt, daß die viererlei Körner der zweiten Generation in folgendem Verhältnis auftreten: 9 glatt blau : 3 glatt weiß : 3 runzlig blau : 1 runzlig weiß, und nicht nur zweierlei Körner, glatte weiße und runzlige blaue im Verhältnis 3 : 1.

Das ist genau das, was wir erwarten müssen, wenn im Bastard die Anlagen für die einzelnen Merkmale der Eltern aus ihrem Zusammenhang gelöst und ganz beliebig neu kombiniert werden, ohne irgend welche Rücksicht auf ihre frühere Zusammengehörigkeit. Die Trennung und Neukombination muß bei der Bildung der männlichen und weiblichen Keimzellen geschehen. Hinsichtlich der weiteren Generationen der Dihybriden und der Trihybriden, bei denen sich die beiden Eltern des Bastards statt in zwei in drei voneinander unabhängigen Punkten unterscheiden, muß auf die Ausführungen von Correns selbst verwiesen werden (l. c. S. 44 und S. 47). Wichtig ist, daß aus diesen Versuchen mit Bastarden, deren Eltern sich in zwei und mehr Punkten unterscheiden, die Selbständigkeit der Merkmale, die das Bild eines Individuums zusammensetzen, hervorgeht. Das ist wohl das wichtigste Ergebnis der Untersuchungen Mendels. Denn diese Selbständigkeit der Merkmale beweist, daß auch die Anlagen selbständig sind. Der Anlagenkomplex eines Individuums, das Keimplasma, kann keine Einheit bilden, es muß aus Teilchen zusammengesetzt sein, die die einzelnen Merkmale repräsentieren, die voneinander unabhängig sind, von denen man einzelne hinwegnehmen kann, die man durch andere ersetzen kann, die man um neue, aus einem anderen, fremden Anlagenkomplex stammende vermehren kann.

Drei Gesetze also kennzeichnen den Fortschritt, den wir der Lehre Mendels verdanken: das Gesetz der Uniformität (Isotypie) der Bastarde, welches besagt, daß der Bastard zwischen zwei wirklich reinen Sippen in seiner ersten Generation unter denselben äußeren Bedingungen auch stets dasselbe Aussehen hat, daß nicht ein Teil der Bastardindividuen mehr dem einen, ein Teil mehr dem andern Elter gleicht, auch daß nicht mehrere die Eltern miteinander verbindende Zwischenstufen auftreten können; das Gesetz der Spaltung bei der Keimzellbildung, wonach die korrespondierenden Anlagen der Eltern (die sich bei der Entstehung des Bastards vereinigt hatten und während seiner vegetativen Entwicklung



vereinigt blieben) schließlich wieder getrennt werden, worauf die einzelne Keimzelle des Bastards entweder die Anlage für das Merkmal des einen oder die für das Merkmal des anderen Elters enthält, nicht mehr beide, und zwar so, daß in der Hälfte der Keimzellen die eine, in der Hälfte die andere Anlage vertreten ist; drittens das Gesetz der Selbständigkeit der Merkmale. Die Untersuchungen des letzten Jahrzehnts haben vieles zutage gefördert, auf das sich diese Gesetze ohne weiteres anwenden lassen. Vieles, was auf den ersten Blick unvereinbar damit schien, konnte zuletzt doch noch auf sie zurückgeführt werden. Auch theoretisch ist man ein wenig über Mendel herausgekommen. Er nannte z. B. das Merkmal, das, sich vererbend, als das stärkere auftritt, das dominierende, dasjenige, das untergeordnet auftritt oder sich gar nicht verrät, das rezessive. Der Bastard mußte das dominierende Merkmal zeigen. Jetzt nimmt man bei mancher Gelegenheit an, daß das rezessive Merkmal vielfach gar nicht vorhanden ist, die Anlage dazu einfach fehlt. Es kommt auch vor, daß in der Nachkommenschaft eines Bastards ein Zahlenverhältnis auftritt, das von dem theoretisch zu erwartenden mehr oder weniger abweicht. Die Erklärung ist dann nicht immer schon zu geben.

Prof. Correns führt noch eine ganze Anzahl von neuen Bastardierungsfällen an, von denen hier noch einer wiedergegeben sei. Die Versuche mit Mäuserassen haben sehr interessante Ergebnisse gezeitigt. Verbinden wir z. B. eine gewöhnliche graue Maus mit einer weißen, so erhalten wir graue Bastarde, die aussehen wie ihr eines Elter. Ihre Nachkommen bestehen bei Inzucht (Fortpflanzung untereinander) aus grauen, schwarzen und weißen Mäusen im Verhältnis 9 : 3 : 4. Hier hat die Bastardierung mit dem Albino es möglich gemacht, die zwei Anlagen zu trennen, die zusammen grau geben: die eine für schwarz und die andere, die schwarz zu grau macht; dadurch ist das Schwarz zum Vorschein gekommen. Bastardieren wir dagegen eine gewöhnliche graue Maus mit einer schokoladefarbenen, so sind die direkten Nachkommen zwar grau, geben aber in der zweiten Generation graue, schwarze, gelbe und schokoladefarbene Mäuse im Verhältnis 9 : 3 : 3 : 1. Hier sind also gleich zwei neue Farben, schwarz und gelb, aufgetreten.

Sehr interessant ist, was Correns zum Schluß über die soziale Bedeutung der Vererbungsgesetze, die ja für den Tier- und Pflanzenzüchter von größter Bedeutung sind, sagt. Einstweilen wissen wir allerdings sehr wenig Genaues über die Gültigkeit der neuen Gesetze beim Menschen. Man kann aber, auch ohne Prophet zu sein, behaupten, daß sich für immer weitere von unseren Eigenschaften zeigen lassen wird, daß sie diesen Gesetzen unterworfen sind. Schon jetzt können wir, wenn uns genügende Angaben über die Vorfahren vorliegen, zuweilen genau sagen, welche Wahrscheinlichkeiten bestehen, daß das Kind eine bestimmte Anomalie oder Krankheit erbt. Wenn wir einmal über alle jene Eigenschaften ebenso gut unterrichtet sein werden, durch die der Mensch für seinen Nebenmenschen unnütz wird, ihm lästig fällt und ihn schädigt, oder mit denen er sich nützlich machen kann, so wird sich auch naturgemäß das Verlangen einstellen, die Folgerungen aus dieser Erkenntnis zu ziehen und die Gesetze auf uns selbst anzuwenden.

Eine beabsichtigte Verknüpfung oder Häufung vorteilhafter Anlagen ist von vornherein ausgeschlossen, solange wir nicht unsere ganze Kultur umgestalten wollen. Es bleibt nur die Möglichkeit, die Entstehung des Ungeeigneten zu verhindern. Ansätze zu einem Vorgehen in dieser Richtung sind schon jetzt (z. B. in manchen Staaten der amerikanischen Union) zu finden. Bevor man aber allgemein in das Leben des Einzelnen eingreift, wird man sich erst überzeugen müssen, ob die dann unvermeidliche Härte wenigstens durch den Erfolg ihre Berechtigung erhält. Das wird, da es sich dabei um sehr verwickelte Fragen handelt, nicht leicht sein.

Schon allein davon, ob die in Frage stehende Eigenschaft dominiert oder rezessiv ist, hängt sehr viel ab. Wer, um ein drastisches Beispiel zu wählen, nicht will, daß die Hälfte seiner Kinder ein Fingerglied zu wenig oder einen ganzen Finger zu viel hat, weiß nach dem, was von diesen Eigenschaften bekannt ist, was er nicht tun darf: sie gehören zu den dominierenden. Hat sie weder der Vater noch die Mutter, so ist keine Gefahr vorhanden, daß sie bei einem der Kinder auftritt. Derartige dominierende Eigenschaften lassen sich, wenn es der Mühe wert ist, durch Vermeidung der Fortpflanzung der betreffenden Individuen ganz ausrotten. Anstrengungen in dieser Richtung sind bei der Bluterkrankheit schon gemacht worden.

Anders ist es, wenn die fragliche Eigenschaft rezessiv ist, und zwar so stark, daß sie gar nicht verrät, ob ihre Anlage neben der für den normalen Zustand in einem Individuum vorhanden ist. Dann kann man nie sicher sagen, daß die Kinder alle frei davon sein müßten, auch wenn beide Eltern den Fehler nicht gezeigt haben; denn diese Eltern könnten die Anlage doch enthalten haben. Kann man den Stammbaum einige Generationen weit zurück verfolgen, so hilft das etwas, aber nicht viel. Denn wenn einer der Vorfahren einmal die rezessive Eigenschaft gezeigt hat, so bekommt jedes seiner Kinder die Anlage dafür sicher mit; bei dem Enkel ist die Wahrscheinlichkeit, sie zu besitzen, $^1/_2$, bei dem Urenkel $^1/_4$, für die fünfte Generation noch $^1/_8$, und erst für die zehnte wird sie $^1/_{10000}$, auch wenn sie dem andern Ehegatten in jeder Generation gefehlt hatte, also nie neu in den Stammbaum kam. Im Laufe der Generationen tritt keine Abschwächung der Anlage ein, sondern nur eine Abnahme der Chancen für ihr Vorhandensein. Findet sie sich in beiden Eltern, so kann sie sich beim Kinde wieder in der alten Stärke entfalten, wie sie bei zwei Vorfahren irgend einmal vorhanden gewesen wär. Das „Überspringen“ von Generationen und die alte Erfahrung von der Schädlichkeit der Verwandten-Ehen erklärt sich hierdurch ungezwungen; denn bei Gliedern desselben Stammbaums ist die Möglichkeit, daß solche rezessive Anlagen



wieder zusammenkommen und sich dann zeigen können, verhältnismäßig größer als sonst.

Eine Ausschaltung der Individuen, die das rezessive Merkmal entfaltet zeigen, kann hier wenig helfen und nie zu der Beseitigung des Merkmals führen, denn sie trifft immer nur einen Teil der Träger der Anlage. Die Individuen, in denen die Anlage rezessiv vorhanden ist, sich aber nicht entfalten kann, und jene, denen sie ganz fehlt, lassen sich nicht unterscheiden. Es wäre ein großer Fortschritt, wenn man sie trennen lernte, was hof-



Fig. 1. Stammform des Nachtfalters Cymotophora or F

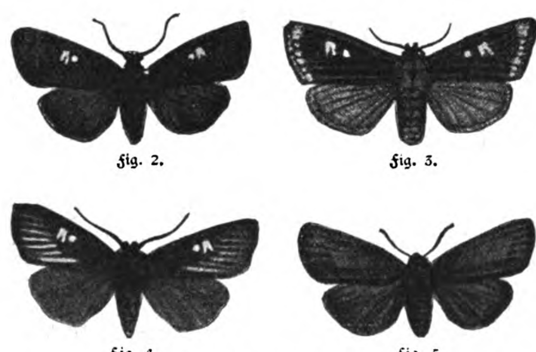


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 2—5. Mutationen des Nachtfalters Cymotophora or F aus der Nähe von Hamburg.

fentlich noch möglich werden wird; es würde dann leicht das Auftreten der Eigenschaft verhindert werden können, indem das Zusammentreffen zweier so beanlagter Individuen unmöglich gemacht wird, während die Ausschließung aller Individuen, in deren Stammbaum sich die betreffende Eigenschaft einmal gezeigt hat, nicht durchführbar ist und auch nicht durchgeführt werden brauchte. Wir stehen hier erst auf der Schwelle eines neuen Forschungsgebietes.

Neben der Kreuzung spielen die Mutationen eine große Rolle für die Entstehung neuer Arten. Von höchstem Wert ist die Gelegenheit zur Beobachtung und Erforschung eines allerersten Auftretens einer Mutation. Solch ein Auftreten einer stark ausgeprägten melanotischen Schmetterlingsmutation vollzieht sich seit einigen Jahren, wie Dr. K. Hasebroek*) berichtet, isoliert in der Hamburger Gegend. Es handelt sich um den Nachtfalter Cymatophora or F., der in seiner Stammform sehr verbreitet und gewöhnlich ist. Der Falter ist hellgrau und hat auf den Vorderflügeln reichliche Querlinien und einen hellen Makelfleck.

Im Jahre 1904 trat nun plötzlich bei Hamburg, und zwar sofort tiefschwarz, eine melanotische Mutation auf, die den Namen albingensis (an der Elbe wohnend) erhielt. Bei dieser Aberration sind Leib und Vorderflügel sammetschwarz bis auf die beiden charakteristischen Flecken. Die dunkeln Querbinden der Stammform schimmern bisweilen schwach durch, sind aber meistens ganz ausgelöscht (Abb. 2).

Das weitere Auftreten der Mutation bei Hamburg seit 1904, soweit es durch Nachtfang am Zuckerköder von etwa einem Dutzend Sammler sich feststellen läßt, verlief folgendermaßen: 1905 ein Stück, 1906 ein Stück, 1907 zwei Stück, 1908 zwei Stück, 1910 zehn Stück; von da an nimmt das Tier in den Sammlungen reißend zu, da man, aufmerksam geworden, im Herbst eifrig die Raupen eintrug und zu Faltern züchtete. Man stellte 1911/12 fest, daß von einzelnen Raupenfundstellen die eingetragenen Raupen bis zu 90 und 95 Prozent der schwarzen Mutation ergaben, daß also teilweise die graue Stammform sich überhaupt nicht mehr entwickelte. Es handelt sich um eine fixierte Mutation größten Stiles, was auch daraus hervorgeht, daß bis heute keine deutlichen Übergänge zur Stammform aufgetreten sind. Anderwärts aufgetretene Mutationen (Berlin, Osnabrück, Wien) fallen nicht so aus dem Rahmen der Stammform heraus, so daß also bis heute noch die albingensis-Mutation für Hamburg spezifisch ist, was auch daraus erhellt, daß man schon aus Raupen, die in einer Stunde Bahnfahrt Entfernung gesammelt wurden, die Mutation nicht mehr erhält.

Für die Entstehung der Mutation scheinen innerhalb des Hamburger Gebietes lokalere Einwirkungen mitzuwirken. Während, nach den gefundenen Raupen zu urteilen, die übrigen Himmelsgegenden im Umkreise der Stadt 0 bis höchstens 1 Prozent der Mutation lieferten, hat die östliche und nordöstliche Gegend je zweimal 90 bis 100 Prozent und je zweimal 50 Prozent geliefert. Diese Richtung nach Osten fällt entschieden auf als diejenige, nach der in Hamburg vorzugsweise der Wind weht; der vorherrschende Wind ist der Südwest. Es müssen also gegen Osten und Nordosten am stärksten die Ausdünstungen der Stadt bezw. Ruß und Rauch in Niederschlägen auf die Vegetation (Zitterpappel) wirken; die zwei wichtigsten Hauptfundstellen liegen sogar unmittelbar neben zwei großen, Verbrennungsgase in Mengen produzierenden Betrieben.

Neben der albingensis-Mutation und in gleicher Richtung mit ihr sind bei der Raupenzucht vereinzelt noch andere Mutationen entstanden. Bei der einen haben die Vorderflügel einen breiten, hellgrau gebliebenen Außenrand behalten; bei einer zweiten zeigen sich langausgezogene weite Längswische zwischen den Adern der Vorderflügel; bei der dritten hat die Schwärzung selbst die sonst so leuchtend sich abhebenden weißen Makel verschlungen, man erkennt in ihr die Stammform überhaupt nicht mehr (Abb. 3—5).

Wir sind mit unserm Falter aber noch nicht am Ende des Wunderbaren: seit 1912 zeigt sich zugleich ein gänzlich neuer Zug zur Variation in dem Auftreten von gelben Farben-

*) Die Umschau 1913, Nr. 49.

tönen anstatt des grauen und weißen. Es ist erstens unter den typischen albingensis-Stücken ein Exemplar mit lehmgelben Flecken anstatt der weißen beobachtet worden, zweitens hat ein Sammler am Zuckerköder ein ungeschwärztes Stammtier mit lehmgelbem Gesamtcharakter gefangen. Dieses Auftreten von Gelb (s. oben: das Auftreten gelber Mäuse) scheint Dr. Hasebroek entwicklungsgeschichtlich recht wichtig zu sein; denn man weiß durch sorgfältige Beobachtung der Puppenentwicklung der Schmetterlinge, daß in der Entwicklung des Individuums gelbe Farbentöne früher auftreten als das zuletzt erscheinende schwarze Pigment. Es liegt hierin vielleicht ein Hinweis, daß bei unserm Falter zurzeit eine Lockerung seiner bisher fixierten, arteigenen Entwicklungsgesetze erfolgt ist, unter der sozusagen die gesamte Entwicklung jetzt revoltiert.

Jedenfalls handelt es sich um ein höchst interessantes entwicklungsgeschichtliches Ereignis unter den Schmetterlingen, wie es sich in solcher Ausgeprägtheit und in solcher sofortigen Aufnahme der Beobachtung wohl noch nicht gezeigt hat.

Es ist in diesem Falle fast zwingend, an die Einwirkung äußerer Faktoren zu denken, und es erscheint deshalb sehr angebracht, gerade mit unserm so leicht zu züchtenden Falter Experimente großen Stils anzustellen. Die wichtige Frage nach der Vererblichkeit dieser Mutation ist bereits in bejahendem Sinne beantwortet, indem Herr C. Zimmermann in Hamburg durch Zucht vom Ei ab aus einer Verbindung zweier Mutanten im August 1910 neun Exemplare der Mutation bei drei der Stammform erhalten hat und aus dem Rest der überwinternden Puppen im Mai 1911 zwanzig Exemplare der Mutation bei sechs der Stammform. Dies Verhalten entspricht, wie Dr. Hasebroek des näheren nachweist, den Mendelschen Regeln.

Ein anderes Beispiel von Mutation beobachtete der Engländer R. E. Lloyd, der seit langer Zeit in verschiedenen Stellungen in Britisch-Indien biologisch tätig ist und auch an dem großartigen Vernichtungskriege gegen die Ratten, die Verbreiter der Pest, teilgenommen hat*). Hierbei hatte er Gelegenheit zu eingehendem Studium der verschiedenen indischen Rattenarten, besonders der verbreitetsten, Mus rattus. Das zur Verfügung stehende Material war ganz ungewöhnlich groß, wegen der vielerorts ausgesetzten Prämien, daher zu Schlüssen recht geeignet. Lloyd findet nun, daß in der gesamten Mus rattus-Bevölkerung zahlreiche kleine Gruppen von wenigen Individuen bis zu 50 und mehr Stück auftreten, die durch den Besitz eines oder mehrerer charakteristischer Merkmale ausgezeichnet und unter sich völlig gleich sind. In mehreren Fällen gelang es, die Herkunft dieser Tiere genau zu bestimmen, und es erwies sich dann, daß alle gefangenen Exemplare aus dem gleichen Hause oder doch aus einem engumschriebenen Bezirke einer Stadt stammten. Lloyd zieht daraus den wohl sicher berechtigten Schluß, daß es sich jedesmal um Abkömmlinge eines Elternpaares handle, bei dem eine Abweichung vom normalen Typus vorgelegen habe. Da, wie näher ausgeführt wird, eine Einwanderung oder Einschleppung fremder Lokalvarietäten sehr unwahrscheinlich oder ganz ausgeschlossen ist, so handelt es sich um das plötzliche Auftreten von neuen Rassen, das der Verfasser auf Mutation zurückführt. Art und Zahl der abweichenden Charaktere ist sehr wechselnd, meist handelt es sich um Färbung und Zeichnung, seltener um Unterschiede im Körperbau. Bisweilen stimmen diese Mutanten fast völlig mit Formen überein, die aus entlegenen Gegenden, z. B. in Kaschmir oder im malaüschen Archipel, als gesonderte Arten beschrieben sind. Besondere Milieubedingungen (Einflüsse der Umwelt) sind, soweit ersichtlich, für die Entstehung dieser Formen nicht verantwortlich zu machen, auch ein Selektionswert läßt sich nicht finden. Besonders interessant ist es nun, daß sich eine verhältnismäßig sehr bedeutende Häufigkeit derartiger Abweichungen (Mutanten) ergeben hat. Überall tauchen einzelne Individuen oder kleine Gruppen abnormer Tiere auf, obwohl von der vielleicht eine Milliarde betragenden Rattenbevölkerung Indiens doch nur ein minimaler Teil zur Untersuchung gelangen konnte. Es zeigt sich also, daß in diesem Falle Mutation auch ohne erkennbare veranlassende Verhältnisse eine recht häufige Erscheinung ist. Die Mutanten gehen offenbar in den meisten Fällen nach wenigen Generationen durch Kreuzung mit der Stammart wieder zugrunde, nur gelegentlich entwickelt sich eine von ihnen zu einer Lokalrasse, die unter Umständen die Stammart an Individuenzahl übertreffen kann.

Diese Weise der Artneubildung sowie die durch Kreuzung behandelt der Entdecker der Mutation und Schöpfer der Mutationstheorie auf das ausführlichste in einem großen neuen Werke: Gruppenweise Artbildung unter spezieller Berücksichtigung der Gattung Oenothera (Nachtkerze, an der de Vries die Mutation entdeckte*). de Vries sieht die eigentlichen Ursachen der äußerlich sichtbaren Mutationen in inneren Vorgängen, die sich in den Zellkernen abspielen, und versucht, darüber folgende Vorstellung zu geben: „Auf Grund meiner intrazellularen Pangenesis nehme ich dazu an, daß die stofflichen Träger der erblichen Eigenschaften, welche ich Pangene nenne, sich in den Zellkernen in verschiedenen Zuständen befinden können. Einige von ihnen sind aktiv, andere inaktiv. Die aktiven treten in verschiedenen Phasen der Entwicklung des Individuums aus den Zellkernen heraus und vermehren sich im Protoplasma, bis sie dieses derart beherrschen, daß sie die von ihnen vertretenen Eigenschaften äußerlich sichtbar werden lassen können. Das ganze lebendige Protoplasma besteht aus solchen aus den Kernen abgeleiteten Pangenen und deren Nachkommen. Die inaktiven Pangenen vertreten die latenten Eigenschaften, die äußerlich nicht oder doch nur sehr gelegentlich sichtbar werden." Außer diesen beiden stabilen Zuständen der Pangene braucht de Vries behufs

*) The Growth of Groups in the animal kingdom, London 1912. Ref. in: Die Naturwissenschaften 1913, Heft 9 (Steche).

*) Berlin, Gebr. Bornträger, 1913.



Erklärung der Eigenschaften mutabler Pflanzen noch einen dritten Zustand, den er den labilen nennt. Ob mit solchen Annahmen für das Verständnis der Tatsachen viel gewonnen wird, darüber wird man verschiedener Meinung sein können.

Mimikry und Verwandtes.

Ein eingehendes Werk des Direktors des Dresdener Zoologischen Museums, Prof. Dr. A. Jakobi, über Schutzfarben, Warnfarben und Mimikry*) ist der Anlaß geworden, daß das noch lange nicht geklärte Problem der täuschenden Nachahmung von neuem behandelt ist. Prof. Jakobi führt das Wesen der echten Mimikry auf die biologische Bedeutung der Warnfärbung zurück. Mimikry soll keineswegs ein Sammelbegriff für alle verbergenden und nachahmenden Ähnlichkeiten sein, sondern bedeutet einzig die schützende Nachäffung einer gemiedenen, durch Warnfärbung ausgezeichneten Tierart durch andere Tiere desselben Wohngebietes. Das gemeinsame Kleid ist also bei dem Vorbild oder Modell ein wirkliches Warnsignal, bei dem Nachäffer oder Mimetiker nur eine Maske, durch die er beim Feinde den Schein der Ungenießbarkeit erweckt — vorausgesetzt, daß dieser sich im allgemeinen durch einen solchen Schein betrügen läßt. Dann ist die Nachäffung ein Schutzmittel und darf als eine Anpassung betrachtet werden, die sich sehr oft nicht bloß auf die äußere Erscheinung beschränkt, sondern sich auch auf das gemeinsame engere Vorkommen, die gleiche Körperhaltung und das gleiche Gebaren wie beim Vorbilde erstreckt. Im Gegensatz zur schützenden Ähnlichkeit, die mit Versteckspiel arbeitet, ist also schützende Nachäffung auf ein offensichtliches Zeigen gewisser täuschender Merkmale gerichtet. Übergänge und Grenzfälle zwischen den beiden Erscheinungen sind nach Prof. Jakobis Erfahrung nicht vorhanden, die angeblich dahin gehörenden Fälle sind ungenau behandelt worden.

Unter Mimikry lassen sich nun zwei Sonderfälle unterscheiden, indem es sich entweder um Scheinwarnfärbung oder gemeinsame Warnfärbung handelt. Bei ersterer hat der Nachäffer nur falsche Warnsignale aufzuweisen, bei letzterer tragen Modell und Mimetiker echte Warnfarbe.

Gegen eine allzugroße Verallgemeinerung der Mimikrytheorie wendet sich Dr. Alois Czepa**). Nachdem er ausführlich die schützende Ähnlichkeit behandelt hat, zeigt er von der Mimikry zunächst, daß sie sich durch natürliche Auslese ebenso schwer erklären lasse wie jene. Sie setzt, wie schon oft gesagt worden ist, eine grob anthropomorphistische Anschauungsweise voraus. Es ist gar nicht so sicher, daß die Tiere dieselben Ansichten über Ähnlichkeit haben wie wir, und es ist fraglich, ob sie sich ebenso leicht durch mimetische Formen täuschen lassen wie die Menschen. Hierüber könnte nur das Tierexperiment entscheiden, und die bisher vorliegenden Versuche widersprechen einander völlig.

Die Zahl der Mimikryfälle ist eine ganz gewaltige, besonders im Gebiete der Insekten. Viele Fälle, die anfangs sehr einleuchtend erschienen, mußten allerdings wieder aufgegeben werden, nicht aus Mangel an Ähnlichkeit, sondern weil das wesentlichste Moment der Mimikry, der durch die Nachahmung gewährleistete Schutz oder der durch Verwechslung oder Nichterkennen entstehende Nutzen, mit dem besten Willen nicht zu finden war. Dennoch bleibt eine große Zahl übrig, und es ist äußerst interessant, zu untersuchen, bis in welche Einzelheiten die Ähnlichkeit zweier weit voneinander abstehender Arten oft durchgeführt ist. Dr. Czepa betrachtet nun eine Reihe von Fällen, um daraus weitere Schlüsse zu ziehen.

Unter den Wirbeltieren finden wir wenig Beispiele für Mimikry; nur unter den Schlangen sind eine Reihe giftiger Formen bekannt, die von ungiftigen nachgeahmt werden. Vor allem ist die amerikanische Gattung Elaps, wegen ihrer roten, durch schwarze oder gelbe Ringe unterbrochenen Farbe auch ein Beispiel für Warnfärbung, für viele nichtgiftige Schlangen Modell. Wallace und Werner führen eine stattliche Zahl solcher an, die alle durch die Warnfärbung der giftigen Schlange geschützt sein wollen.

Daß die Ähnlichkeit besteht, ja daß manche Giftschlangen von ihren Nachäffern auf den ersten Blick nicht zu unterscheiden sind, kann von niemand bestritten werden. Es bleibt nur die Frage, ob den harmlosen Schlangen aus ihrer Ähnlichkeit mit den giftigen ein Vorteil erwächst, und diese beantwortet Dr. Czepa rundweg mit Nein. Denn es gibt kein schlangenfressendes Tier, das zwischen ungiftigen und giftigen Schlangen einen Unterschied machte, außer daß es die letzteren mit etwas größerer Vorsicht angreift. Von einem Täuschen seitens der Beute kann keine Rede sein, und daß Mimikry als Schreckmittel gegen den Menschen da sei, wird niemand ernstlich behaupten wollen, da, abgesehen davon, daß die Zeichnung sicher älteren Datums als die Entstehung des Menschen ist, die Schlangen, ob giftig oder giftlos, in gleicher Weise überall erschlagen werden.

Fällt aber der Vorteil, dann fällt aber auch die Mimikry, und wir sind gezwungen, eine andere Erklärung zu suchen. Da wir derartig gefärbte Schlangen nur in Amerika finden, so kann die Ursache nicht in den Elapsarten liegen; denn warum ist in Australien, wo die Hauptmasse der Elapiden lebt, und in Afrika und Asien keine einzige Art so gefärbt? Die Ursache muß in den klimatischen oder Ernährungsverhältnissen liegen, wenn wir auch so gut wie nichts darüber wissen, und diese Verhältnisse haben die Färbung der Elapsarten ebenso wie die ihrer „Nachahmer" bestimmt.

Auch unter unsern Schlangen hat man ein Beispiel für Mimikry in der Kreuzotter und der Schlingnatter (Coronella austriaca) zu entdecken geglaubt. Völlig zu Unrecht. Wer sich beide Schlangen einmal genau angesehen hat, wird sie nicht mehr verwechseln. Ferner kommen in den weitaus meisten Fällen die beiden Schlangen gar

*) Mimikry und verwandte Erscheinungen. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1913. — Ein einführender Aufsatz desselben Titels in: Die Naturwissenschaften 1913, Heft 29.

**) Naturwiss. Wochenschrift XIII (1913), Nr. 4 bis 6.



nicht auf ein und demselben Gebiete vor. Erstere liebt feuchte, kühle Wildnis, letztere trockene, sonnige, freundliche Lagen. Und obwohl man die Kreuzotter auszurotten versucht, diese Mimikry also der Coronella eher verhängnisvoll als schützend sein sollte, gehört die Glattnatter doch nächst der Ringelnatter zu den verbreitetsten und häufigsten Schlangen. Die geringe Ähnlichkeit zwischen beiden Schlangen ist nichts anderes als eine einfache Konvergenzerscheinung (Entwicklung, die zufällig gleiche Richtung einschlug) und bedarf keiner weiteren Erklärung.

An einem andern Beispiel aus der heimischen Fauna, der Schlammfliege (Eristalis tenax) als Nachahmerin unserer Honigbiene, kommt Dr. Czepa zu einem ähnlichen Schluß. Die Ähnlichkeit zwischen beiden ist recht groß; sie stimmen in Größe, Form und Pelzfarbe, ja auch in dem Ton des Summens so ziemlich überein, und wenige Laien wird es geben, die sich eine Schlammfliege trotz der Versicherung, daß es eine harmlose Fliege ist, anzufassen trauen. Vor den Menschen ist also die Schlammfliege gut geschützt. Tieren gegenüber ist, wie sich nachweisen läßt, der Nutzen, den sie aus der Ähnlichkeit vorkommenden Falles gewinnt, sicher nicht groß. Ähnlich wird es sich mit den so zahlreichen anderen Beispielen verhalten.

Es wäre völlig unmöglich, auch nur den zehnten Teil aller Mimikryfälle zu besprechen, meint Dr. Czepa; ihre Zahl ist viel zu groß. Überdies sind uns noch die wenigsten genauer bekannt. Eine große Zahl ist am Insektenkasten beim Vergleich der präparierten Tiere aufgestellt worden; wie es sich in der freien Natur mit den lebenden Tieren verhält, weiß niemand. Wenn solche Beobachtungen gemacht sind, sind sie meist widersprechender Art. Wir müssen deshalb die vielen Insektenmimikryen hinnehmen, wir wissen noch keine Erklärung als eben die rein theoretische der Mimikry selbst. Wir müssen mit Staunen die Mimikryfälle der Schmetterlinge zur Kenntnis nehmen, müssen die oft raffinierte Ähnlichkeit vieler zusammen an einem Orte lebender, im System aber weit voneinander abstehender Formen ohne weiteres zugeben und müssen für alle diese Fälle vorläufig noch die Mimikry annehmen — weil wir zurzeit keine bessere Erklärung haben. Zurzeit: denn es ist nicht ausgeschlossen, daß wir einst doch eine andere Erklärung finden werden.

Seinen Widerspruch gegen Mimikry leitet Dr. Czepa aus folgendem her: Wir kennen einige Fälle, die man trotz sehr großer Ähnlichkeit nie als Mimikry bezeichnet hat, weil bei ihnen der wichtigste Punkt der Mimikry wegfällt, das ist der Nutzen, den die Tiere aus der Ähnlichkeit ziehen. In einer Arbeit über Mimikry und Schutzfärbung gibt Werner folgenden recht typischen Fall an: Zwei in Neuguinea, dem Bismarck- und dem Molukkenarchipel lebende Baumschlangen sind einander so ähnlich, daß sie vielleicht von wenigen Zoologen ohne weiteres unterschieden werden, obwohl sie ganz verschiedenen Familien angehören. Niemand wird aber im Ernst daran denken können, daß eine die andere imitiert, beide leben von denselben Tierarten, sind ihnen gleich gefährlich, und, was ihre Feinde anbelangt, gegen die sie sich durch ihr Gebiß in gleicher Weise verteidigen, so dürften sie außer dem Menschen kaum welche haben. Was sollen wir zu einem solchen Falle sagen, der nicht vereinzelt steht; Werner führt ihrer noch mehrere an, bei denen man nicht sagen kann, wer der Nachahmer, wer das Modell, die also für Mimikry nicht zu verwerten sind.

Wir wollen, sagt Dr. Czepa, der Mimikrytheorie nicht zu nahe treten, wir wollen sie nicht ausmerzen und an ihre Stelle das so ungern gesehene ignoramus (wir wissen nicht) setzen; wir wollen nur vorsichtig sein, nicht immer den Nutzen in den Vordergrund stellen und mit seiner Hilfe die Natur erklären. Wir wollen bedenken, daß die



Ein interessantes Beispiel von Mimikry im Berliner Aquarium: Die javanische Riesenstabheuschrecke, die wie ein vertrockneter Zweig aussieht.

teleologische (mit einem Zweckbegriff arbeitende) Erklärungsweise die schlechteste ist, da sie am wenigsten zu Recht besteht, und daß wir in gewissem Sinne auch die Selektion durch die Mimikry auf dieses Niveau herabziehen.

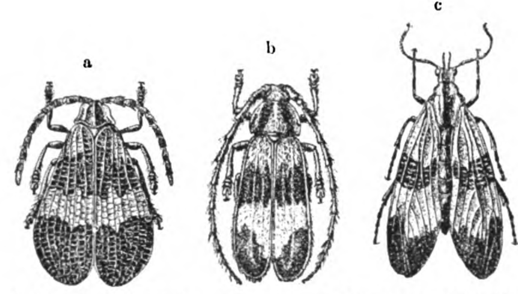
Die Selektion allein ist nicht imstande, die Schutzfärbung, Warnfärbung, schützende Ähnlichkeit und Mimikry zu erklären. Wir müssen in vielen Fällen nach anderen Erklärungen suchen, und haben sie für manche Fälle auch schon gefunden. Die Natur ist nicht so ängstlich um die einzelnen Formen besorgt. Unstimmigkeiten im großen Getriebe treten normalerweise nicht ein, es gleicht sich alles von selbst auf die richtige Weise aus. Daß eine Art auf Kosten einer andern sich stark vermehrt, daß eine Form dem Untergange nahekommt, weil ihre Feinde stark zunehmen, kommt nicht vor in der freien Natur. Erst der Mensch vermag den regelmäßigen Gang zu stören und das allerdings gründlich. Wo er eingreift, schwinden die Arten dahin; Formen, die gewiß noch nicht den Keim des Unterganges in sich trugen, hat er vom Erdboden vertilgt. Gegen sein Wüten hat die Natur kein Mittel.

Prof. Jakobi ist selbst der Ansicht, daß die Mimikrybeispiele aus der Wirbeltierwelt — vielleicht einige Schlangen ausgenommen — und aus dem Kreise der Weichtiere äußerst anfechtbar sind; es können auf dem Prüfstein morphologisch-



biologischen Vergleichens nur die Spinnen und die Kerbtiere Beachtung finden. Man muß jedoch gestehen, daß manche der bei ihm abgebildeten Beispiele nur für recht oberflächliche Betrachter täuschend sein können; ob die Insektenvertilger solche sind, wissen wir nicht. Besonders schön verwertbare Beispiele für Mimikry finden sich unter den Tagschmetterlingen und den Nachtfaltern; die oft verblüffenden Ähnlichkeiten zwischen Tagfaltern aus ganz verschiedenen Familien waren ja für Bates die Grundlage seiner Mimikrytheorie, die ganz auf der Grundlage der natürlichen Auslese stand.

Dr. Czepa erörtert u. a. die Anpassungsfärbung, die Schutzfärbung und die Folgen der Domestikation auf die Färbung der Haustiere und kommt zu dem Schlusse, daß die bunten Färbungen der Haustiere eine Folge der durch die Domesti-



a) Calopteron limbatum, ein gemiedener Käfer (Lycina) und seine Nachäffer. b) Pteroplatus lyciformis, ein Bockkäfer. c) Correbia lyciformis, ein Falterchen.*)

kation hervorgerufenen Lebensbedingungen sind und vom Menschen meist sorgsam weitergezüchtet wurden. Derart gefärbte Spielarten fehlen unter den wildlebenden Tieren vollständig, nicht weil gefärbte Tiere infolge ihrer schlechten Anpassung an die Umgebung zugrunde gehen müssen, weil sie, von Feinden leicht entdeckt und leicht erbeutet, nie zur Fortpflanzung kommen, sondern weil solche Tiere konstitutionell viel schwächer sind — Czepa erklärt die veränderte Färbung durch die der Domestikation eigentümlichen Lebensbedingungen. Sie können deshalb, wenn sie manchmal durch irgend welche Ursachen in der Natur auftreten (Albinos, Schecken), mit ihren Genossen nicht konkurrieren, können die Unbilden des freien Lebens, als da sind Witterung, Nahrungsmangel, Feinde, nicht ertragen und müssen deshalb binnen kurzem wieder spurlos verschwinden. Es gehen diese Formen allerdings auch durch den Kampf ums Dasein zugrunde, aber nicht infolge ihrer unrichtigen Färbung, sondern infolge ihrer schlechteren Konstitution, und diesen Kampf ums Dasein wird niemand verneinen.

Eine Schutzfärbung fehlt vielen Tieren, die sie brauchen könnten, während manche, die infolge ihrer Stärke oder ihrer Lebensweise eines Schutzes durch Farbenanpassung völlig entbehren könnten, so gefärbt sind, daß sie sich von ihrer Umgebung nur wenig unterscheiden und gewiß als schutzgefärbt zu bezeichnen wären, wenn sie eben eines solchen Schutzes bedürften.

*) Aus: A. Jacobi, Mimikry, Verlag Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Lebewesen der Vorzeit.

Daß die Anfänge des Lebens auf mindestens tausend Millionen Jahre zurückgehen und die ersten Lebewesen unter heute nicht mehr vorhandenen Bedingungen in der Küstenzone der warmen Urmeere entstanden sind, wird heute schon ziemlich allgemein anerkannt, wenn wir uns auch nach Spuren dieser Urlebewelt vergeblich umsehen. Die Entwickelung der Tierwelt war schon in vorkambrischer Zeit bis zum einfachen Urknorpelfisch gediehen, ohne daß man hoffen darf, von diesen kaum der Versteinerung fähigen Formen Abdrücke irgend welcher Art in den nachträglich stark gepreßten und durch die innere Erdwärme weitgehend veränderten ältesten Schichtgesteinen zu finden. Vereinzelte Graphitnester in alten Glimmerschiefern und Kalkeinlagerungen in Phylliten oder Urtonschiefern der vorkambrischen Zeit beweisen, daß das Meer schon damals pflanzliche und tierische Organismen in solcher Menge barg, daß sie gesteinsbildend wirkten. Denn den aus Kohlenstoff bestehenden Graphit hält man wohl mit Recht für den Rest pflanzlicher, den Kalk für das Überbleibsel tierischer Wesen.

Den ältesten nachweisbaren Lebewesen der Erde dürfen wir daher, wie Dr. L. Reinhardt*) in einem gleichlautenden Aufsatze nachweist, erst in deutlichen Spuren mit dem Kambrium zu begegnen hoffen. Dort erst treten deutlich als solche erkennbare Muscheln, Schnecken und Armfüßler in größeren Mengen gesteinsbildend auf. Sie bilden aber nicht die Morgenröte der späteren Tierwelt, sondern vielmehr altertümliche Nachzügler der für uns spurlos in den ältesten Schichtgesteinen der Erde untergegangenen Tierwelt, die trotz ihrer reichen Entwicklung im nachfolgenden Silur spurlos von der Erde verschwand, um höherstehenden, moderneren Formen, Platz zu machen. Doch haben neuerdings uralte, vorkambrische Schichtgesteine Spuren einer so reichhaltigen Lebewelt erkennen lassen, daß sie trotz aller Vermutungen geradezu eine Überraschung bildeten. Diese vorkambrischen, als Algonkium bezeichneten Schichten (s. Jahrb. IX, 1911, S. 54) haben eine Mächtigkeit von weit über 10 000 Metern, was für ihre Bildung einen ungeheuren Zeitraum voraussetzt, in dem die Lebensbedingungen nicht wesentlich anders als heute waren. Gab es doch schon damals, wie später mehrfach, zwischen wärmeren Perioden eine eigentliche Eiszeit mit ihren erkennbaren Ablagerungen auf dem Festlande.

Die verschiedenen aus solchen algonkischen Schichten auf uns gekommenen Fossilreste sind äußerst winzig. Die in der Bretagne und in Nordamerika gefundenen Kieselskelette von Radiolarien oder Strahlentierchen haben durchschnittlich nur 0·01 Millimeter Durchmesser, während die jüngeren Formen entschieden größer sind. Ebenso verhält

*) Die Umschau 1913, Nr. 43.



es sich mit den winzigen Kalkschalen der Foraminiferen, aus denen Kalke Neu-Braunschweigs gebildet sind. Diese auffallende Kleinheit der ältesten Protozoen entspricht der Erfahrungstatsache, daß überhaupt die verschiedenen Entwicklungslinien mit kleinen Formen anfingen und oft später zu größeren übergingen. So dürftig und schwer bestimmbar wie diese Protistenreste sind auch die Überreste von Schwämmen, von denen Kieselnadeln in der Bretagne und Neu-Braunschweig entdeckt sind. In sehr alten algonkischen Schichten des großen Canjon des Kolorado in Nordamerika (s. Jahrb. IX, S. 37) fanden sich ziemlich häufig Reste von Quallenpolypen. Weit verbreitet sind auch die porösen Kalkskelette der bereits im Kambrium aussterbenden Urbechertiere (Archäocyathiden), die entweder mit den Kalkschwämmen oder mit den Korallen verwandt sind.

Aus den Kreisen der so vergänglichen Würmer sind Kriechspuren erhalten, die man auf Ringelwürmer zurückführt. Sie zeigen sich besonders zahlreich in den 900 Meter mächtigen mittelalgonkischen Schichten von Montana, etwa 150 Kilometer nördlich vom Yellowstonepark, die von etwa 1500 Meter starken jüngeren algonkischen Schichten überlagert werden, während unter ihnen 1300 Meter dicke ältere erschlossen sind. Unter diesen Ringelwürmern lassen sich mindestens vier verschiedene Arten unterscheiden. Besonders schön erhalten sind die auf Bauch- und Rückenseite ausgebildeten Kalkschalen der als Armfüßler (Brachiopoden) bezeichneten Wurmabkömmlinge. Wie bei den Strahlentieren reichen auch bei den Armfüßlern nur die primitivsten Gruppen ins Algonkium zurück.

Spärlich — bisher nur in einer einzigen Form aus Neu-Braunschweig vertreten — sind in den algonkischen Schichten die Stachelhäuter. Diese eine Form schließt sich an die überaus altmodischen Cystoideen an, die primitivste Unterklasse des ganzen Stachelhäuterkreises, die schon in der Mitte der Steinkohlenzeit erlischt. In jüngeren algonkischen Schichten Nordamerikas sind Reste von Crinoiden oder Haarsternen weit verbreitet.

Reichlicher vorhanden sind Reste von Weichtieren, naturgemäß hauptsächlich von Schnecken, die Kalkschalen ausbilden. So sind auf der Halbinsel Avalon auf Neufundland neben den bereits erwähnten Wurmspuren runde Schalen einer altertümlichen Napfschnecke nicht selten, einer Vertreterin der Schildkiemer, der primitiveren Ordnung der Kiemenschnecken. Aber auch von den höherstehenden Kammkiemern sind schon Vertreter gefunden worden. Ziemlich häufig findet man in den algonkischen Schichten Neu-Braunschweigs auch langgestreckte, spitzzulaufende Kalkröhren mit feinen Doppelböden. Es sind dies die den Tintenfischen nahestehenden Hyolithen, die auch im Canjongebiete des Kolorado und in Estland in oberen algonkischen Schichten gefunden werden. Sie erhielten sich bis ins Kambrium, wie auch die geradschaligen Voborthellen, echte Tintenfische aus der Familie der vierkiemigen Kopffüßler, die in den gegenwärtigen Meeren nur noch durch die Schiffsbote (Nautilus) erhalten sind.

An Krebsen haben die algonkischen Schichten die altertümlichen schlammfressenden Trilobiten geliefert. Sie sind gekennzeichnet durch die starke Entwickelung des Bauchschildes, das nach hinten in lange Seitenstacheln ausgezogen ist, durch den Besitz zahlreicher Rumpfabschnitte und durch ein sehr kleines Schwanzschild. Dann hat man in den Greysonschichten Montanas zusammen mit den vorher erwähnten Wurmspuren Überreste von altertümlichen Schwertschwänzen oder Molukkenkrebsen gefunden, die dann im Silur zu bis 2 Meter langen Riesenformen führten.

Außerdem hat man in algonkischen Schichten noch allerlei unsichere, nicht bestimmbare Tierspuren gefunden. Da sie aus so überaus alten Schichtgesteinen stammen, sind sie selbstverständlich stark gequetscht und in jeder Weise verunstaltet; es ist ein Wunder, daß noch so viele Fossilien kenntlich erhalten geblieben sind. Jedenfalls beweisen sie, daß schon in früher algonkischer Zeit eine Unmenge von Tieren der verschiedensten Art sich in den warmen Meeren der Urzeit tummelten und Gesteine zu bilden begannen, sobald sie anfingen, Kalkschalen zu bilden. In einer Zeit, die man lange für versteinerungsfrei hielt, regte sich schon eine überaus mannigfaltige Tierwelt.

Vom Algonkium, das die älteste Formation der paläozoischen Gruppe bildet, machen wir einen ungeheuren Sprung durch ungezählte Jahrmillionen zur ältesten Formation der mesozoischen Gruppe, zur Triasformation. Obgleich diese reich an tierischen Resten ist, sind doch in einigen Untergruppen Funde recht vereinzelt. So war bisher aus dem roten, gewöhnlich als Buntsandstein bezeichneten Felsen Helgolands nur ein Fossil, eine im Jahre 1854 aufgefundene, einem Saurier (Stegozephalen) angehörende Rippe bekannt. Erst im Jahre 1910 wurde, und zwar im sogenannten „Predigtstuhl" an der Westküste, ein neuer Fund gemacht, bestehend in einem ausgezeichnet erhaltenen Stegozephalen-Schädel; die Fundstelle liegt etwa 7 Meter über lockeren Sandlagen, die nach W. Wolf, dem Finder, für Zechstein, die jüngste paläozoische Schicht, charakteristisch sind. Diesen außerordentlich wertvollen Fund hat H. Schröder*) einer eingehenden Untersuchung unterworfen und festgestellt, daß der 46 Zentimeter lange und 29 Zentimeter breite, aber nur 5 Zentimeter hohe Schädel dem von Capitosaurus nasutus, einem Fossil aus dem mittleren Buntsandstein von Bernburg, sehr ähnelt; es sind jedoch so viele Unterschiede vorhanden, daß Schröder die Art als eine neue, Capitosaurus Helgolandiae, bezeichnen mußte. Infolgedessen läßt sich eine genaue Gliederung der Schichten des roten Felsens wieder nicht durchführen. Die Gattung Capitosaurus scheint sich nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft nicht auf den mittleren Buntsandstein zu beschränken, sondern von ihm bis in den untersten Muschelkalk hinaufzureichen; ob und wie tief sie nach unten hinabreicht, ob in den unteren Buntsandstein oder gar in den oberen Zechstein, darüber gibt es keinerlei Beobachtungen.

*) Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. f. 1912, Bd. 33, S. 232 ff.



Der Triasformation gehören auch die neuesten schwäbischen Dinosaurierfunde an, über die Prof. Dr. E. Fraas auf der 85. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte (Wien 1913) berichtete*). Eine große Menge der neuen Funde, die sich im Stuttgarter Museum befinden, stammt aus dem Stubensandstein vom Stromberg bei Pfaffenhofen (Oberbayern) und besteht in einer großen Anzahl teils loser, teils zusammenhängender Skeletteile, ja selbst ganzer Skelette von Dinosauriern, zu denen sich noch Überreste von Semionoten, Labyrinthodonten und Phytosauriern gesellen, so daß sich das Gesamtbild der damaligen Wirbeltierwelt überaus vielseitig gestaltet.

Das Plateau des Stromberges ist von Knollenmergeln gebildet, über dem sich noch Reste des fast ganz von den Atmosphärilien hinweggeräumten Rhät, der obersten Triasstufe, befinden. An der Sohle der Knollenmergel wurden zahlreiche Reste von Sellosaurus und außerdem Teratosaurus minor gefunden. Unter dem etwa 20 Meter mächtigen Knollenmergel liegt der Stubensandstein mit zirka 30 Meter Gesamtmächtigkeit. Seine Schichten sind keineswegs glatt gelagert, sondern bilden große, linsenförmige Anschwellungen, die gegeneinander auskeilen und durch rotbraune und violette tonige Zwischenlager, sogenannte „Fäulen" voneinander getrennt sind. Im Sandstein finden sich häufig isolierte Knochen und Zähne, auch Labyrinthodontenschädel und Aetosaurusreste stammen aus ihm. Dagegen sind auffallenderweise die Dinosaurierreste ausschließlich auf die Fäulen beschränkt und liegen entweder eingekittet in Ton oder auf seiner Grenze zum Sandstein. Nirgends erscheinen die Skelettreste abgerollt oder transportiert.

Aus den Vorkommnissen bei Pfaffenhofen, die im großen Ganzen mit allen Prof. Fraas bekannten Lokalitäten bei Stuttgart, Aixheim usw. übereinstimmen, läßt sich für die Bildung des Stubensandsteins der Schluß ziehen, daß sie sich unter möglichstem Ausschluß der Mitwirkung fließenden Wassers oder gar der Brandung eines Meeres auf der Erdoberfläche (terrestisch) vollzogen hat. Wir haben es hier beim Sandstein im wesentlichen mit äolischen Bildungen, d. h. mit Anhäufungen von Dünensand, zu tun, während die Fäulen als Auswaschungen der Tone aus dem Sand und als Absätze in Pfützen, Tümpeln und gelegentlichen Binnenseen zu betrachten sind.

Verdanken wir Pfaffenhofen ein wissenschaftlich überaus wertvolles Material, so hat Trossingen bei Rottweil im Südwesten Württembergs Dinosaurierreste von so seltener Schönheit und Vollkommenheit geliefert, daß sie das schönste Sammlungsmaterial darstellen. Die Verhältnisse dieses Platzes rechtfertigten eine Ausgrabung großen Stils, die auch nach anfänglichem Mißerfolge zum erwarteten Ziele führte. 107 große Kisten, von denen 33 den letzten Fund, ein zerstückeltes, aber vollständiges Dinosaurierskelett, bargen, wurden nach Stuttgart spediert und zur Präparation bereitgestellt. Die Präparation des letzten Fundes erforderte fünf Monate und das überaus schwierige Aufstellen des Skeletts weitere fünf Wochen. Die Aufstellung versuchte das Stück genau in der Stellung wiederzugeben, die es im Gestein hatte.

Will man auch hier aus den Beobachtungen über die Lagerungsverhältnisse der Skelette Schlüsse auf deren Einbettung und die Gesteinsbildung ziehen, so ist zunächst zuzugeben, daß es sich bei den Knollenmergeln nur um eine terrestrische Bildung handeln kann. Nur in einer solchen können wir uns die großen, fast immer mehr oder minder zusammenhängenden und niemals abgerollten Kadaver der Landsaurier denken. Die unvollständigen Skeletteile machen den Eindruck, als ob es sich um die Überreste stark zersetzter oder auch durch Raubsaurier verrissener und verschleppter Kadaver handle. Sie liegen keineswegs in einer Schicht — soweit man überhaupt bei den Knollenmergeln von Schichtung reden kann —, sondern bald höher, bald tiefer und vielfach schiefwinklig durch die Mergel hindurchsetzend. Dasselbe gilt auch von dem großen, vollständigen Skelett, das gewissermaßen in lebender Form im Gestein steckte. Dies ist nur denkbar, wenn erstens Absterben und Einbettung sehr rasch aufeinander folgten, zweitens das Material ein weiches, gleichartiges war und drittens keine wesentlichen Veränderungen durch späteren Schichtendruck erfolgten. Derartiges hält Prof. Fraas nur in einem an sich festen Material, etwa Löß, für möglich, das bei starker Durchfeuchtung, z. B. in der tropischen Regenzeit, stellenweise auch durch aufsteigende Quellen zu einem breiartigen Sumpfe aufweichte. In einer solchen Schlammpfütze konnte selbst ein großes Tier plötzlich versinken und ersticken und später in der Trockenperiode von dem erhärteten Schlamm fest umschlossen werden. Die verfetzten und mazerierten Skelettteile können auch während der Trockenperiode durch Staub eingedeckt worden sein. Die Verhältnisse bei Trossingen zeigen viel Ähnlichkeit mit denen von Halberstadt, wo Jäkel auch keine andere Erklärung für die Einbettung der zahlreichen Kadaver findet als ein Versinken der Tiere in breiartigem Schlamm.

Die tieferen Stufen des Stubensandsteines von Pfaffenhofen haben nur kleine, z. T. sogar sehr kleine Arten ergeben, während in den Knollenmergeln bis jetzt nur große Tiere beobachtet sind. Hinsichtlich der Körperformen und der dadurch bedingten Lebensweise zerfallen diese Triasdinosaurier in zwei ganz verschiedene Gruppen. Die eine umfaßt kleine, leicht gebaute, springende Arten mit ungemein starken Hinter- und verkürzten Vorderbeinen. Die andere Gruppe, zu der auch die großen Arten gehören, trägt einen eidechsenartigen Charakter, allerdings mit dem Schwergewicht des Körpers im Becken und in den Hinterbeinen.

Einen der schönsten und interessantesten Funde, von Prof. Fraas als Procompsognathus triassicus bezeichnet, gaben die roten Mergel der oberen „Fäule" des Pfaffenhofener Steinbruchs. Er umfaßt die meisten Teile eines überaus zierlichen Dinosaurierskelettes, aus denen sich unschwer das gesamte Skelett rekonstruieren läßt. Es gehörte einem überaus hochbeinigen springenden Dinosaurier an, dessen

*) Veröffentlicht in: Die Naturwissenschaften 1913, Heft 45.

Ähnlichkeit mit dem berühmten Solnhofener Compsognathus longipes so groß ist, daß Prof. Fraas nicht ansteht, die neue Form als einen triassischen Vorläufer der Solnhofener (Juraformation) aufzufassen. Geradezu überraschend ist die Übereinstimmung in dem fast $^1/_3$ Meter langen Hinterbeine, dessen Ausbildung durchaus vogelartig ist; auch sind alle Knochen dünnwandig und hohl. Die Auffindung einer derartigen extremen Form in der Trias ist sehr bemerkenswert, zumal da Compsognathus nahezu isoliert steht. Dieser Fund zeigt die frühe Abzweigung der hochspezialisierten springenden Formen, und der Gedanke liegt nahe, in ihnen einen Stamm zu sehen, aus dem sich wenigstens ein Teil der Vögel, besonders der Laufvögel, entwickeln konnte.

Die Gruppe der Thekodontosaurier hat nach Huene eine weltweite Verbreitung in der ganzen Trias, vom unteren Muschelkalk bis zum Rhät. Wir haben in ihnen offenbar eine wichtige, noch wenig spezialisierte Grundform der Dinosaurier zu sehen, aus der sich ein Teil der großen Theropoden, besonders die Plateosauriden, entwickeln konnten. Pfaffenhofen hat nun zuerst ein annähernd vollständiges Skelett im Zusammenhang geliefert, aus dem wir zum ersten Male über den Aufbau des Körpers, die Stellung der Beine usw. völlige Klarheit bekommen, so daß dieser Art wohl mit Recht der Name Thekodontosaurus diagnosticus gebührt. Der Schädel scheint kräftig gebaut gewesen zu sein mit sehr starkem Gebiß und den für diese Gruppe charakteristischen stark gerieften Zähnen.

Das Gesamtbild dieser Art ergibt einen etwa 2 Meter langen, schlanken Raubsaurier mit scharfem, kräftigem Gebiß und offenbar sehr behender Bewegung, die in der Ausbildung und Stellung der Beine noch den primitiven Echsencharakter bewahrt hat. Wohl ist die Entwicklung der Hinterbeine stärker als die der vorderen, auch zeigen die Vorderfüße durch Sonderbildung des inneren Außenfingers (Daumens) die Andeutung einer Greifhand; dennoch werden sie sich nicht auf den Hinterbeinen aufgerichtet haben, sondern sich selbst im schnellen Lauf noch aller vier Füße bedient haben, wenn auch in sehr hochbeiniger Stellung.

Auch unsere Kenntnis anderer Sauriergruppen, namentlich der großen Formen, wird durch das in den höheren Schichten des Keupers gefundene neue Material wesentlich ergänzt; auch hier hat sich ein vollständiges, allerdings nur kombiniertes Skelett zusammensetzen lassen. Es zeigt sich da, daß Sellosaurus Fraasii, der mit Plateosaurus sehr verwandt ist, hinter diesem an Größe sehr zurücksteht (Gesamtlänge 4·5 Meter)). Von Plateosauriden, von denen Trossingen ein reiches und prächtiges Material lieferte, steht Plateosaurus Trossingensis mit einem vollständigen Skelett an erster Stelle. Das 5·75 Meter lange Skelett macht einen imponierenden Eindruck und zeigt nach seiner Lage in den Schichten ausgesprochene Echsenstellung mit Sohlengang der Hinterfüße und von der Seite abstehendem Oberschenkel. Die Vorderpfote ist zur Greifhand entwickelt mit großkralligem, etwas abstehendem Daumen und zwei weiteren langen und bekrallten Fingern, während der vierte und fünfte Finger rückgebildet sind. Die Plateosauriden waren mächtig große, bis 10 Meter lange, etwas plumpe Echsen, deren Schwergewicht im Becken und in den Hinterfüßen lag, während der Körper nach vorn leichter gebaut ist. Der nicht allzu lange Hals trägt den kleinen und schlanken Schädel, dessen Kiefer kräftig und scharf bezahnt sind, so daß die zweischneidigen, ziemlich breiten Zähne eine geschlossene Palisade bilden. Nach hinten endigte das Tier in einen sehr breiten Schwanz, dessen Länge annähernd die Hälfte des ganzen Tieres beträgt.

Aus dem Skelettbau läßt sich schließen, daß die Plateosauriden behende und überaus kräftige Raubsaurier waren, die sich in Ruhestellung und bei langsamer Gangart auf alle vier Beine stützten, während sie sich beim raschen Springen vorne vom Boden erhoben und nur der langen kräftigen Hinterbeine bedienten, wobei der mächtige Schwanz das Gleichgewicht halten mußte. Nicht nur der scharfbezahnte Rachen, sondern auch die großkralligen Vorderpfoten und der kräftige Schwanz dienten als Waffen, so daß diese gewaltigen Echsen sicher wohl allen damaligen Gegnern gewachsen waren.

Das gesamte neue Ausgrabungsmaterial hat unsere Vorstellung von der Entwicklung der Dinosaurier in unserer Trias ungemein belebt. Zeigen einerseits unsere triassischen Sauropoden noch Bau und Stellung echter Echsen mit Anklängen an die alten Rhynchozephalen, so sind doch ebenso die echten Dinosauriercharaktere schon zu erkennen, besonders im langen Hals, in dem komplizierten Wirbelbau, dem Becken und dem Mißverhältnis zwischen Vorder- und Hintergliedmaßen. Schon ist die Vorderpfote bei den Plateosauriden als Hand entwickelt, und der Abstand zwischen ihnen und den aufgerichteten Megalosauriden ist nicht mehr sehr groß. Ebenso erkennen wir aber auch die Beziehungen der Plateosauriden zu den gewaltigen plumpen Sauropoden, welche zu Ende der Jurazeit den Höhepunkt ihrer Entwicklung in jenen unheimlichen, bis 30 Meter langen Riesenformen erreichten.

Dem Jura und der Kreide gehören auch die Flugsaurier an, von denen vor kurzem eine Art, der Rhamphorhynchus, von Ernst Stromer wissenschaftlich rekonstruiert ist*). Das Modell ist in natürlicher Größe ausgeführt und zeigt das Tier in fliegender Stellung, wobei die Raumersparnis halber die Flügel nicht ganz gestreckt sind. Es ist angenommen, daß der Saurier die Flügel bis zum höchsten Punkte hebt und dabei in den Gelenken etwas abbeugt. Dargestellt ist das Knochenskelett nebst den Flughäuten, nur soweit sie in Abdrücken überliefert sind. Die Flughäute, aus dünnen Kautschukplatten hergestellt, sind am Hinterrande, um dessen Nachgiebigkeit zu zeigen, nicht gestützt, am Vorderrande blieben sie ein wenig von den Knochen entfernt, um für die Armmuskeln Platz zu lassen.

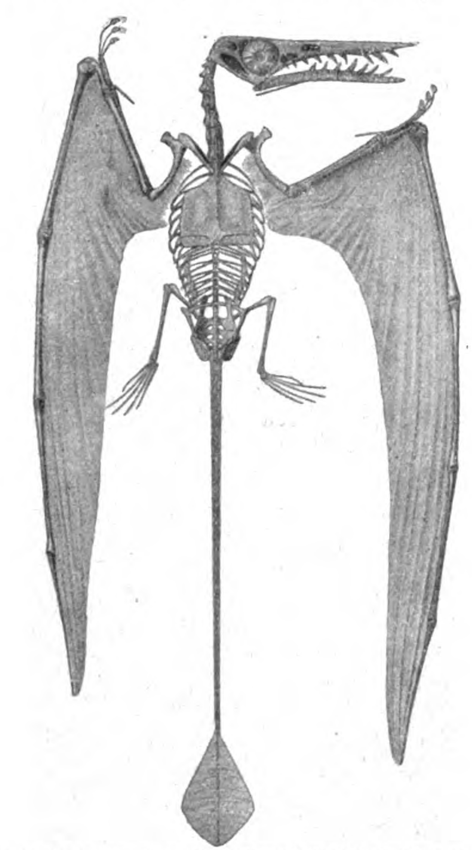
Jedem fällt sofort die überraschende Ähnlichkeit auf, die das wunderliche Tier gerade im Modell mit gewissen Eindeckern unter unsern

*) Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geol. und Paläont. 1913, Bd. II; Naturwiss. Wochenschr. XII, Nr. 48.



Flugmaschinen zeigt. Die Bedeutung des Schwanzes als Höhensteuer tritt ohne weiteres hervor. Ein wesentlicher Unterschied von den Eindeckermaschinen liegt natürlich darin, daß bei diesen Flugsauriern die Tragflächen zugleich als aktive Fortbewegungsorgane dienten.

Stromer ist nach allem der Ansicht, daß Rhamphorhynchus sich in der Ruhe mit seinen Fingerkrallen an Ästen oder Felsvorsprüngen auf-



Rhamphorhynchus. Etwas schematisierte Skelett-Rekonstruktion von der Bauchseite.*)

hing, mit zusammengelegten Flügeln. Beim Abfliegen ließ sich das Tier unter Ausbreiten der Flügel und Senken des schweren Kopfendes fallen, um dann im wesentlichen einen ruhigen Gleit- und Segelflug auszuführen. Bei der großen Länge der Flügel und ihrer schwalbenflügelähnlichen Form kann man annehmen, daß unser Saurier ein sehr guter Flieger war. Als Fischfänger mußte er nun oft plötzlich zur Wasserfläche herabschießen, nahe über sie hin streichen und sich dann wieder erheben. Dabei dürfte das Schwanzsegel, das an einem sehr langen, steifen, aber ein wenig elastischen Hebelarm befestigt war und durch Drehungen des Schwanzes um seine Längsachse wohl auch etwas schräg gestellt werden konnte, wichtige Dienste als Stabilisierungsfläche und Höhensteuer geleistet haben.

Rhamphorhynchus war also sicher ein wesentlich besserer Flieger als die Fledermäuse, gegenüber Vögeln mit ihren Federflügeln aber in etwaigem Konkurrenzkampfe nicht ganz vollwertig. Beim Vogel hat ja auch der Fächerschwanz eine viel feinere Anpassungsmöglichkeit für verschiedene Bedürfnisse als der steife Saurierschwanz. Überhaupt vergrößert das Federkleid die zum Flug nötigen Flächen, ohne das Gewicht entsprechend zu vermehren. Ob übrigens die Flugsaurier durch die Konkurrenz der Vögel verdrängt wurden, ist ganz ungewiß. Sie spielten wahrscheinlich im Mesozoikum (Trias, Jura, Kreide) nicht nur in Europa und Nordamerika eine Rolle, von der wir eben erst eine ganz unvollständige Kenntnis haben. Daß sich das Prinzip ihrer Anpassung an den Flug bewährte, dafür ist die lange Dauer ihrer Existenz und vor allem der Umstand, daß weitaus die größten Flieger überhaupt zu ihnen gehören, ein sicherer Beweis.

Gleich den Pterosauriern waren auch die Ichthyosaurier Fischfresser. Aber es ruht auf ihnen ein schlimmer Verdacht, daß sie nämlich ihre eigenen Kinder bisweilen mit dem Fischfutter verwechselt und ebenfalls hinuntergeschluckt haben. In einer vor Jahren von Prof. Branca angestellten Untersuchung (Jahrb. VIII, 1910, S. 119) wurde die Tatsache nicht völlig aufgeklärt; deshalb kann jetzt Generaloberarzt Dr. E. Sehrwald von neuem die Frage aufwerfen: Waren die Ichthyosaurier Kannibalen?*)

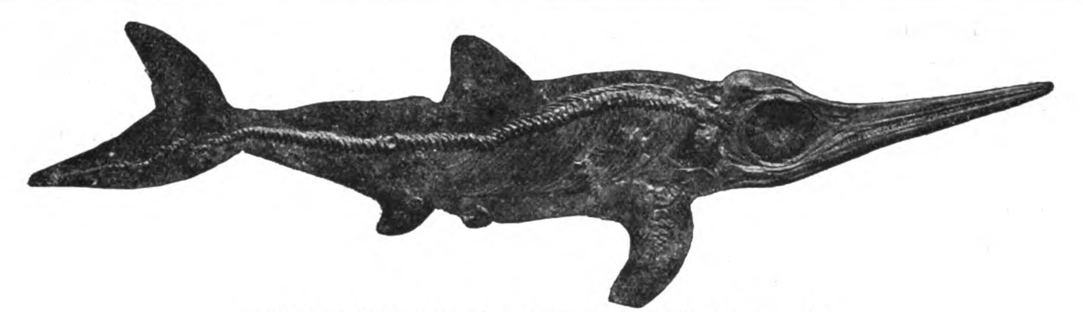
Man hat im Innern dieser Meeresreptilien außer Fischresten auch die Skelette ihrer eigenen Jungen gefunden. Im ganzen konnten bisher schon vierzehn solche alten Tiere festgestellt werden; sieben davon enthalten nur je ein Junges, drei haben zwei bis vier Junge und je ein altes Tier trägt fünf, sechs, sieben und elf Junge. Natürlich hat man diese Jungen sofort für Embryonen erklärt, die in gekrümmter Haltung im hinteren Teile des Leibes in Eihüllen gesteckt haben müssen, wie tatsächlich einige noch so neben den alten Tieren gefunden sind. Wird nun die Zahl der Jungen größer als eins oder zwei, so finden sich die meisten von ihnen auch im mittleren und sogar im vorderen Drittel des mütterlichen Rumpfes, und zwar fast alle mit nach vorn, gegen den Kopf der Mutter, gerichteter Schnauze, den Leib gestreckt. Diese Streckung der Jungen, die Richtung ihrer Köpfe nach vorn und ihre Lage in den vorderen Teilen des Rumpfes schien manchen Paläontologen unvereinbar mit der Auffassung, diese Jungen seien Embryonen; sie fanden eine befriedigende Erklärung nur in der Annahme, daß diese Jungen von den Alten gefressen worden waren und nun in Magen und Speiseröhre der Alten lagen. Die Alten sollen die Jungen von hinten gefaßt und unzerkaut und fast unversehrt verschluckt haben, daher die Lage der Köpfchen nach vorn. An ihrer Gefräßigkeit sollen die Kannibalen, die zum Teil wohl gleichzeitig trächtig waren, gestorben sein, ehe noch die Verdauung der Jungen begonnen hatte.

Dr. Sehrwald weist rechnerisch nach, daß der Kannibalismus der Ichthyosaurier, auch in beschränktem Maße, höchst unwahrscheinlich war;

*) Aus: Stromer v. Reichenbach, Paläozoologie. Verlag B. G. Teubner, Leipzig.

*) Die Umschau 1913, Nr. 27.





Ichthyosaurus-Embryo, 50 *cm* lang, gefunden in den Schiefern von Holzmaden.

er hätte zur Ausrottung der Rasse führen müssen. Eine genauere Betrachtung der Lage und Beschaffenheit der angeblich gefressenen Brut bestärkt diesen Zweifel. Von vornherein hätte man erwarten sollen, die Jungen müßten so verschluckt sein, wie sie am glattesten und bequemsten in den Magen gelangen konnten, d. h. mit dem Kopfe voran; statt dessen liegen die angeblich gefressenen Jungen fast alle umgekehrt. Ferner mußten beim Passieren durch das Maul der Alten die am Schwanzende gepackten Jungen mit den gewaltigen Zahnreihen (s. Jahrb. VIII, S. 13/14) immer von neuem und immer weiter vorn gefaßt werden; ihr Knochengerüst müßte daher in der ärgsten Weise zertrümmert sein, während sie sich in Wirklichkeit in einem ganz auffallend guten Erhaltungszustande befinden. Fische müßten ja ebenfalls so gut erhalten in den Magen gelangt und dort als ganze Gerippe versteinert sein, wovon sich nie eine Spur findet. Die verkehrte Lage der Jungen im mütterlichen Organismus aber wird aus dem Verfolg der Verwesungsvorgänge, denen die Alten anheimfielen und die durch Verfaulen der Organe des Brustkorbs aus dem Leibesinnern eine zusammenhängende Höhlung machten, von Dr. Sehrwald sehr einleuchtend erklärt. Es bleibt also nichts übrig, als die Ichthyosaurier von dem Verdacht des Kannibalismus freizusprechen.

Aus der Pflanzenwelt.

(Botanik.)

Blüten- und Fruchtbiologie * Pflanzenernährung — Aussterbende und Ausgestorbene.

Blüten- und Fruchtbiologie.

Wie notwendig bisweilen die Revision schon als längst feststehend erachteter Anschauungen im Bereich der Blütenbiologie ist, zeigt eine kleine Arbeit von Dr. F. Knoll, die Neues über den Insektenfang eines Aronstabes bringt*). Wie lange bekannt, fangen die Blütenstände der Gattung Arum (Aronstab) Insekten und geben ihnen nach kurzer Zeit die Freiheit wieder, wobei durch die Insekten eine Übertragung des Pollens von Blütenstand zu Blütenstand geschieht. Es herrschte dabei die Ansicht, daß diese Insekten „eine Herberge suchen", in den Grund der den Blütenstand einhüllenden Scheide (Spatha) von Arum hineinkriechen und so gefangen werden. Sie sollen am Verlassen des Gefängnisses zunächst dadurch gehindert werden, daß sich dem aufwärts kriechenden Tierchen borstenförmige Organe gleich Schranken in den Weg stellen — am Hineinkriechen sollen diese „Reusen" oder Hindernisorgane, wie Knoll sie nennen möchte, das Tier nicht hindern.

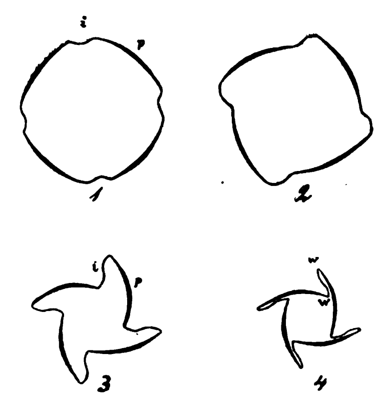
Untersuchungen an Arum nigrum Schott, einer Pflanze der Balkanländer, belehrten Dr.

Blütenstand des Aronstabes: I. Außenansicht; II. Durchschnitt; III. Blütenzone.

*) Die Umschau 1913, Nr. 40.

Knoll, daß die Insekten hier und auch wohl bei andern Arumarten nicht in die Scheide hineinkriechen, sondern ahnungslos hineinstürzen, und daß sie durch bisher unbekannte Einrichtungen am vorzeitigen Verlassen des Gefängnisses gehindert werden.

Die Blütenstände des schwarzen Aronstabes sind in ihrer Gestalt denen des in Mitteleuropa häufigen gefleckten Arums ähnlich, jedoch ist bei ersterem das Hüllblatt (die Spatha) schwarzrot und der obere Teil des Blütenträgers, die Keule, dunkelpurpurn. Sobald sich das scheidenförmige Hüllblatt öffnet, sendet die zu Tage tretende Keule einen durchdringenden Gestank aus, der lebhaft an den Geruch sich zersetzender menschlicher Fäzes erinnert. Dieser Geruch lockt Zweiflügler und Käfer an, die an dem Standort der Pflanze als typische Aasinsekten vorkommen. Diesen Geruch entwickelt die Pflanze nur am ersten Tage nach dem Öffnen der Spatha, in dem weiblichen Stadium des Blütenstandes. Am zweiten Tage ist der Geruch und mit ihm der Reiz für die Insekten verschwunden; sie bleiben nun aus.



Vier Stufen der Schließbewegung von Gentiana prostrata.

Sobald die weiblichen Blüten ihre Reife erlangt haben, öffnet sich die bisher von unten bis oben geschlossene Spatha in ihrer oberen Hälfte zu einem flachen, nischenförmigen Gebilde, einem Halm (he), und gibt die den Geruch aussendende Keule (K) frei. Dagegen bleibt die untere Hälfte, der die Blüten einschließende Kessel (ke) seitlich ringsum geschlossen und erhält nur oben rings um den Stil der Keule an der halsartigen Einschnürung des Hüllblattes (ha) eine kreisrunde Öffnung, die die Verbindung des Kessels mit der Außenwelt herstellt. Die Oberhaut (Epidermis) der Innenfläche des Helms besteht aus Zellen, von denen jede einen nach abwärts gerichteten stumpfen Fortsatz hat. Die Außenseite dieser Epidermiszellen ist nach dem Öffnen der Spatha von zahlreichen winzigen Tröpfchen bedeckt. Läßt sich nun, von dem Geruch angelockt, eine Fliege im unteren steilen Teil des Helminnern nieder, so rutscht sie sogleich durch den Kesselhals in den Kessel hinab, da die Krallen an den abwärts gerichteten Fortsätzen der Epidermiszellen keinen Halt finden und die Haftscheibenwirkung durch die Tröpfchen unwirksam gemacht wird.

Die eigentümliche Ausbildung der Epidermiszellen erstreckt sich auch noch auf den oberen Teil der Kesselwand, und die in den Kessel geratenen Insekten, bei der Enge des Raumes am Fliegen gehindert, können an der inneren Kesselwand nur bis zu dieser Zone emporklettern, wie es die oberen Fliegen in der durchschnittenen Blüte zeigen; auf dem Wege über die Kesselinnenwand können sie also ihr Gefängnis nicht verlassen, ebensowenig am ersten Tage auf dem Wege über den Blütenkolben, den zwei Stockwerke von teilweise borstenförmigen Hindernisorganen und zahlreiche Tröpfchen an den Epidermiszellen dieser Hinderniszonen (n H und o H) ungangbar machen. Die zwischen den beiden „Reusen" stehenden männlichen Blüten (m B) sind am Tage nach dem Öffnen der Spatha noch nicht geöffnet, die weiblichen dagegen (w B) in der unteren Kesselhälfte sind schon empfängnisfähig und werden durch den von den Insekten mitgebrachten Blütenstaub, der an den Narben abgestreift wird, befruchtet. Erst in der nun folgenden Nacht öffnen sich die männlichen Blüten, ihr Pollen fällt dann während dieser Nacht regenartig in den Grund des Kessels auf die dort weilenden Insekten. Zugleich beginnen die Epidermiszellen und die Zellen der beiden Hinderniszonen zu verschrumpfen, so daß die Insekten nun an ihnen emporkriechen und, mit Blütenstaub beladen, ihrem Gefängnis entschlüpfen können. Dies geschieht am zweiten Morgen nach dem Öffnen der Spatha, worauf sie häufig noch an demselben Tage aufs neue in die Gefangenschaft eines andern Aronstabes geraten und unfreiwillig die Bestäubung vermitteln. Dr. Knoll zählte einmal am Abend vor dem Öffnen der männlichen Blüten 99 gefangene Zweiflügler in einem Kessel des schwarzen Aronstabes, ein sprechender Beweis für die Anziehungskraft dieser Blütenstände.

Eine interessante Blumenfalle hat eine Enzianart, die in Nordwestamerika und Zentralasien bis ins östliche Tirol hinein verbreitete Gentiana prostrata, ausgebildet. Viele Enzianarten zeigen eine eigentümliche, bei Temperaturänderungen hervortretende Beweglichkeit der Blumenkronen. So sagt Kerner von dem hochalpinen Schnee-Enzian: „Die Wärme, welche ein flüchtiger Sonnenblick den Blumen der Gentiana nivalis zugeschickt hat, genügt, um die Ausbreitung der azurblauen Kronenzipfel zu veranlassen. Kaum ist aber die Sonne hinter den Wolken verschwunden, so drehen sich diese Zipfel schraubig übereinander und schließen sich, einen Hohlkegel bildend, zusammen. Dringt wieder die Sonne durch, so ist auch die Blumenkrone binnen wenigen Minuten wieder geöffnet."

Was nun die Gentiana prostrata besonders auszeichnet, ist der durch R. Seeger*) festgestellte Umstand, daß sie ihre Blüten auf einen Berührungsreiz hin schließt. Die vier oder fünf verwachsenblättrigen Kronenblätter bilden eine 11 Millimeter lange, 2 Millimeter weite Röhre und breiten ihre 4 bis 5 Millimeter langen freien Zipfel zu einem

*) Sitzungsber. der Kais. Akad. der Wissensch. Wien, Bd. 121, Abt. 1, S. 1089. Referat von Moewes in Naturwiss. Wochenschr. Bd. 12, Nr. 22.

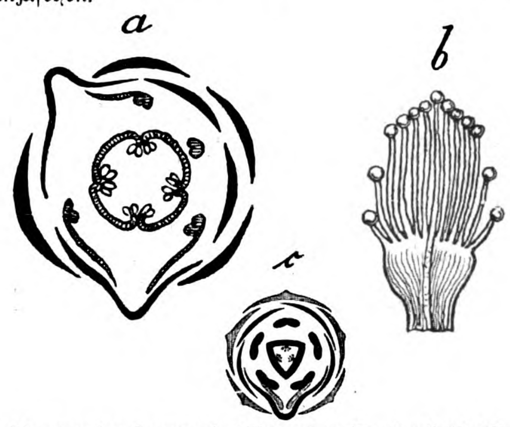
Stern aus. An der Bildung dieses Sternes sind auch die bei dieser Art besonders großen Faltenlappen beteiligt, die die Verbindung der Kronenzipfel herstellen und nur wenig kürzer sind als diese. Seeger sah, wie ein kleines Insekt in die Röhre der Blumenkrone kroch, und wie sich gleich darauf die Krone zu schließen begann, so daß sie nach kaum einer halben Minute das Aussehen einer Knospe hatte. Durch Berühren zahlreicher Blüten mit einem Grashalm ließ sich feststellen, daß das Schließen eine Folge der Reizung des Röhreneingangs, besonders der Stellen am Ansatz der Intrapetalzipfel (i) ist. Diese Stellen schieben, ohne sich einzufalten, sich vor die Petalenhauptzipfel (p) hin, wie es die vorstehende Abbildung zeigt.

Seger meint, daß diese Einrichtung der Fremdbestäubung durch Insekten diene, wenn schon nach ihm und Kerner auch Selbstbestäubung zur Fruchtbildung führt. Von den vorstehend geschilderten Reusenfallen der Arumarten und der Aristolochien (Osterluzeipflanzen) unterscheidet sich die Fangeinrichtung dieses Enzians besonders dadurch, daß die Blüte selbsttätig auftritt. Seeger bezeichnet sie als Klappfalle und rechnet zu dem gleichen Typus die von Haberlandt kürzlich beschriebene Orchisart Pterostylis (s. Jahrb. XI, S. 134), deren Lippe auf Berührung eines besonderen Organs hin emporschnellt und das Insekt in der Blüte festhält. Die beiden Blüten wären bisher die einzigen Beispiele für den Klappfallentypus. Die Bewegung beginnt bei diesem Enzian stets an der Stelle, wo die Blumenkrone berührt worden war, und pflanzt sich von dort zu den anderen Bewegungsstellen fort. Eine Öffnung der Blüte erfolgt erst nach mehreren Stunden. Erschütterung der Blüte wirkt nicht als Reiz, nur durch Berührung läßt sich die Bewegung auslösen.

Über einige Abnormitäten an Blüten berichtet Dr. J. Vilhelm aus Böhmen*). Er entdeckte zunächst im Jahre 1909 im September bei der bekannten Sumpfparnassie (Parnassia palustris) ein Exemplar mit einer kleistogamen Blüte, deren Unterschied gegen die normalen Blüten sehr groß war. Bei einem Herbarexemplar, das ebenfalls aus Nordböhmen stammte, fand er eine zweite Blüte dieser Art. In den beiden kleistogamen Blüten sind fünf gleiche Kelchblätter ausgebildet, so daß sie die ganze Blüte einschließen. Die Kronblätter sind grün und sehr verkümmert, ebenso die Staminodien. Die fünf reifen fertilen Staubblätter mit ihren eingetrockneten Staubbeuteln liegen dicht über dem Gynäceum (Stempeln). Bei der einen dieser kleistogamblütigen Pflanzen war der Stengel nur 5, bei der andern 7·5 Zentimeter lang, gegenüber dem 30·5 Zentimeter langen normalen Blütenstengel desselben Individuums. Diese kurzen herabgebogenen Stengelchen entspringen unten aus der Blattrosette.

Das Vorkommen kleistogamer Blüten bei dem Studentenröschen, wie das schöne Sumpfpflänzchen auch genannt wird, ist bisher nicht bekannt. Von verwandten Pflanzen ist es nur bei den Sonnentauarten (Droseren) und bei der Aldrovanda bekannt, bei Steinbrechgewächsen nicht. Dr. Vilhelm vermutet, daß die kleistogamen Blüten der Parnassie verhältnismäßig häufig vorkommen. Die eigentliche Ursache der Bildung dieser Blüten bei ihr ist ihm bisher nicht klar geworden. Vielleicht beruht sie auf unzureichender Ernährung.

Von abnormalen Blüten schildert der Autor noch solche von Parnassia mit sechs (statt fünf) Kelch- und Kronenblättern, mit abnormen Staminodien*), deren eins 22 Stieldrüsen hatte anstatt der normalen 11 bis 13. Unter einer großen Zahl auf dem Prager Markt gekaufter Blüten des Märzveilchens (Viola odorata) fanden sich zwei zweispornige, davon eine vierzählig, die zweite fünfzählig. Die Einrichtungen der zwei abnormen Blüten sind als eine Vervollkommnung des Lockmittels für die Insekten und als eine erhöhte Möglichkeit der Bestäubung und Samenerzeugung anzusehen.



a) Diagramm einer abnormen vierzähligen und zweispornigen Veilchenblüte (Viola odorata). b) Staminodien von Parnassia palustris. c) Diagramm der normalen Veilchenblüte.

Es ist allgemein bekannt, daß nur wenige Frühlingsblüten des Märzveilchens zur Reife gelangen und reife Samen ansetzen. Die Mehrzahl dieser Blüten stirbt nach dem Abblühen ab. Die Pflanzen besitzen aber die Fähigkeit, sich vegetativ durch Ausläufer (Stolonen) zu vermehren. Außerdem bilden dieselben Individuen kleistogame Sommerblüten. So lange die Veilchen unter anderen Pflanzen im Frühjahr blühen, werden nach vieljährigen Beobachtungen Dr. Vilhelms fast alle Blüten von einer Unzahl von Bienen und Hummeln, besonders an sonnigen Stellen, besucht. An diesen Veilchen (Viola odorata und V. cyanea) fanden sich nach dem Abblühen häufig gut ausgebildete Kapseln mit reifen Samen. Im Sommer erschienen an denselben Individuen meistens nur selten kleistogame Blüten, gelangten aber ebenfalls zur Reife. Eine pelorische Form gefüllter Blüten, die sich in einem Märzveilchen-Teppich befand und keine Spur von Antheren und Fruchtknoten zeigte, wurde von den Bienen garnicht und von den Hummeln nur anfänglich beachtet.



*) Österr. Botan. Zeitschr. 63. Jahrg. (1913), Nr. 5.

*) Als Staminodien bezeichnet man unvollkommen entwickelte Staubgefäße, von denen nur der Staubfaden sich entwickelt oder doch die Anthere, wenn sie angelegt wird, unfruchtbar bleibt; epipetal = vor den Kronblättern stehend.

Unter einer großen Anzahl von Primeln (Primula elatior und kultivierte Primelhybriden) zeigten sich am häufigsten Abnormitäten bezüglich der Zahl der Kelchblätter bei sonstiger Normalität der anderen Blütenteile. Auch viele andere Abnormitäten traten auf, von denen die Verwandlung des zweiten Staubblätterkreises in Staminodien besonders interessant ist. Zahlreiche Blüten eines Blütenstandes hatten oft an allen episepalen Staubblättern orangegelbe Staminodien. In einigen Blüten zeigten sie sich als kleine doppelte Zähnchen oder Höckerchen an der Mündung der Blumenkrone. Auf den unteren Teilen der Staminodien waren schon mit bloßem Auge kugelige hellglänzende Honigtropfen bemerkbar. Ihre Absonderung erfolgt sehr häufig aus dem drüsigen Gewebe. Bei den Hybriden von Primula elatior und der in den Gärten kultivierten P. Auricula mit buntfarbigen rotgelben Blüten waren oft auch die Staminodien sehr stark entwickelt. Der in den normalen Blüten nicht vorkommende zweite Staubblätterkreis ist abortiert (fehlgeschlagen), und daß da wirklich eine Abortierung stattgefunden hat, dafür sprechen die Funde des abnormen Auftretens des zweiten Staubblattkreises.

Schöne Beobachtungen über den Einfluß veränderter physikalischer Bedingungen hat Dr. Rob. *Stäger* an dem Ruprechtskraut (Geranium Robertianum) und einem Kreuzblütler (Thlaspi rotundifolium) gemacht, und zwar in verschiedenen Höhenlagen in der Schweiz*).

Die Angaben über den Vorgang des *Blühens beim Ruprechtskraut* bei verschiedenen Beobachtern wie *Sprengel*, *Herm. Müller*, *Kerner v. Marilaun*, *Kirchner*, *A. Schulz* widersprechen einander sehr. Nach mehrjähriger Beobachtung der Blüte dieses Geraniums zu verschiedenen Jahreszeiten und bei ganz verschiedener Witterung kam Dr. *Stäger* zu der Überzeugung, daß sie blütenbiologisch höchst labil (leicht veränderlich) ist und sich rasch jedem Verhältnis anzupassen vermag, vielleicht ebenso rasch wie viele allotrope (verschiedengestaltige) Alpenpflanzen. Dies erklärte den scheinbaren Widerspruch in den Ergebnissen der bisherigen Beobachter.

Die Beobachtungen Dr. *Stägers* ergeben einen merkwürdigen Parallelismus der verschiedenen Blühformen bei Geranium Robertianum mit den verschiedenen Wettertypen und der Verschiedenheit des Standortes auf. Bei warmem, hellem Wetter und in freier sonniger Lage zeigte sich anfängliche kurze Protandrie (anfängliches männliches Stadium der Blüte mit aufspringenden Staubbeuteln und noch geschlossener Narbe) mit nachfolgender Autogamie (Ausbreitung der Narbenäste und Selbstbestäubung). Ja, bei sehr trockenem Wetter und in sehr sonniger Lage kann sogar vollständige Dichogamie erreicht werden, indem die Blüte anfänglich rein männlich und nach diesem Zustande rein weiblich wird, so daß sie vollständig auf Fremdbestäubung durch Insekten angewiesen ist.

Ganz anders bei kühlem, regnerischem Wetter mit bewölktem Himmel und in schattiger Lage. Unter solchen Verhältnissen unterbleibt zunächst das Springen der Antheren, während die Narbenschenkel sich schon früh zu teilen beginnen, je nach der Dauer der ungünstigen Verhältnisse oft bedeutend in die Länge wachsen und sich bogenförmig oder häufig uhrfederartig zurückrollen. Wir haben zunächst Protogynie (weibliches Stadium der Blüte) mit nachfolgender Autogamie (Selbstbestäubung). Wenn nach begonnener Trübung rasch wieder gutes Wetter eintritt, so daß die Antheren rasch platzen, oder wo der Standort die nötigen Bedingungen erfüllt, kann Homogamie (gleichzeitige Reife von Narben und Staubbeuteln und Selbstbestäubung) auftreten.

Eine Anzahl weiterer Beobachtungen, bei denen Licht, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft gemessen wurden, ergaben noch genauere Feststellungen der obigen Ergebnisse.

Es läßt sich ein Schönwetter- und ein Schlechtwettertypus nebst ihren Übergängen erkennen. Dem *Schönwettertypus* entspricht ein frühzeitiges Entleeren der Antheren (Protandrie mit späterer Autogamie, in extremen Fällen sogar Dichogamie) bei kleiner sternförmiger Narbe. Das Blühen kann in einem Tage erledigt sein.

Dem *Schlechtwettertypus* entspricht ein frühes Spreizen der Narbe, sogar schon in der Knospe, und ein spätes verzögertes Stäuben der Antheren. Die Narbenschenkel können oft eine bedeutende Länge erreichen und rollen sich uhrfederartig zurück (Protogynie mit nachfolgender Autogamie). Das Blühen kann $1^1/_2$ bis 3 Tage dauern.

Wetterlage und Standort vermögen sich bis zu einem gewissen Grade aufzuheben, so daß an einem sehr feuchten und kühlen Standort (z. B. Reichenbachfall) auch bei im allgemeinen schönem Wetter der Schlechtwettertypus ausgebildet wird.

Das eigentlich Treibende für den Blühmodus beim Ruprechtskraut scheint Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft zu sein, indem relativ hohe Temperaturen mit geringem Feuchtigkeitsgehalt der Luft das frühe Stäuben der Antheren veranlassen, während verhältnismäßig niedere Temperaturen mit hohem Prozentsatz an Luftfeuchtigkeit das Stäuben der Antheren (oft um Tage) verzögern, das Wachstum der Narbenschenkel aber begünstigen.

Als Hauptergebnis aus dem Bisherigen stellt Dr. *Stäger* den Satz auf: Ähnliche Temperaturen mit entsprechender relativer Feuchtigkeit der Luft veranlassen bei Geranium Robertianum ähnlichen Blühmodus.

Der Blütenmechanismus funktioniert nicht nach *einem* Schema, sondern kann je nach Umständen, auch innerhalb derselben Art sogar, Dispositionen treffen. Das ist die blütenbiologische Variabilität. Die Blüte zeigt Abänderungen in ihrem sexuellen Verhalten infolge einer oft weitgehenden Reaktionsfähigkeit gegenüber veränderten physikalischen Bedingungen. Ganz besonders sind es gewisse allotrope und hemitrope*) Blüten, die

*) Beiheft zum Bot. Zentralblatt Bd. 30 (1913), Heft 1.

*) Als allotrop kann man solche Pflanzen bezeichnen, die keine besonderen Anpassungen der Blüte an bestimmte Insektenarten zeigen, als hemitrop solche, die derartige An-

nicht, bezw. nur halb an einen speziellen Besucherkreis von Insekten angepaßt sind, welche obengenannte Erscheinungen zeigen. Sind es gleichzeitig Alpenpflanzen, so kommen diese Eigentümlichkeiten um so lebhafter zum Ausdruck, da sie den verschiedensten und oft rasch wechselnden physikalisch-meteorologischen Faktoren unterstehen.

Eine dieser stark abändernden allotropen Alpenpflanzen ist Thlaspi rotundifolium, in deren Blüteneinrichtung die früheren Beobachter auch nicht ganz übereinstimmen. Dr. Stäger hat diesen Kreuzblütler an fünf verschiedenen Standorten beobachtet. Er fand ein häufigeres Vorkommen von Selbstbestäubung, als bisher angenommen war, und entdeckte auch das Vorkommen von Kleistogamie, Befruchtung bei geschlossen bleibender Blüte. Die stecknadelkopfgroßen kleistogamen Blüten finden sich in der unteren Partie des Blütenstandes zwischen den Stielchen der normalen Blüten; sie beherbergen bei näherem Zusehen einen kurzen Griffel mit sechs an die Narbe angepreßten Antheren. Daß ihre Selbstbestäubung erfolgreich ist, beweisen die angesetzten Früchte.

Über den äußerst seltenen Fall, daß eine Mücke als Bestäuberin auftritt, berichtet Moowes*). Ein amerikanischer Biologe, J. Smith Dexter, fand, von einer mit pflanzenbiologischen Versuchen beschäftigten Dame darauf aufmerksam gemacht, in einem Moor am Douglas-See (Michigan) zahlreiche Mückenweibchen, die am Kopfe Pollinien (gestielte Pollenmassen) einer auf dem Moore reichlich vorkommenden und gerade in Blüte stehenden Orchideeart (Habenaria obtusata Pursh.) trugen, meistens ein Pollinium, einige aber auch zwei oder drei, während bei einer gar vier Pollinien an den Augen saßen. Diese Orchidee, klein, grün und unauffällig, ähnelt im Blütenbau sehr der Orchis mascula, die Darwin in seinem Werk über die Befruchtung der Orchideen beschrieben hat. Auch ließe sich der verwickelte Bestäubungsvorgang, wie er von H. Müller in seiner „Befruchtung der Blumen" für Orchis mascula geschildert ist, fast unverändert auf die amerikanische Orchidee übertragen, wenn man sich anstatt der Bienen oder Hummeln Mücken als Pollenträger denkt.



Rafflesia Patma, auf oberflächlich verlaufenden Wurzeln schmarotzend.*)

Dexter sammelte eine Anzahl der Pflanzen und einige pollinienfreie Mücken und setzte sie zusammen in einen gläsernen Aquariumbehälter. In einigen Tagen hatten die Mücken die meisten Pollinien aus den Blüten entfernt und trugen sie nun auf ihren Augen, genau wie die im Freien gefangenen. Der Name der beobachteten Mücke ist nicht ermittelt worden; um die gemeine Stechmücke (Culex pipiens) handelt es sich wahrscheinlich nicht.

Zu den eigentümlichsten pflanzlichen Schmarotzern gehören die in den Waldungen der malaiischen Inselwelt hausenden Mitglieder der Gattungen Rafflesia und Brugmansia. Seit vor etwa hundert Jahren der englische Gouverneur Sir Stamford Raffles und sein Begleiter Dr. J. Arnold im Hinterlande von Benkoelen (Sumatra) eine Blüte von aufsehenerregender Größe und Form gefunden, die nachher von R. Brown als Rafflesia Arnoldii beschrieben wurde, sind die Pflanzen vielfach untersucht und beschrieben worden. Dennoch haben zwei deutsche Forscher, A. Ernst und Ed. Schmid**), neuerdings in einer Arbeit über „Blüte und Frucht von Raff-

passungen zwar zeigen, sich aber anderen Besuchen gegenüber auch noch nicht ablehnend verhalten.

*) Naturw. Wochenschr. 1913, Nr. 32 (nach Science 1913, S. 867).

*) Aus: Bilder-Atlas zur Pflanzengeographie. Verlag Bibliogr. Institut, Leipzig.

**) Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg vol. XII (1913), Teil 1.



lesia" manche neuen biologischen Beobachtungen und namentlich entwicklungsgeschichtlich-zytologische Untersuchungen veröffentlichen können, von denen uns hier besonders die ersteren interessieren.

Die Blüten von Rafflesia und Brugmansia werden bekanntlich auf den unmittelbar unter der Erdoberfläche dahinstreichenden Wurzeln und den über der Erde zur Ausbildung gelangenden Wurzeln verschiedener Cissusarten gefunden. Doch beschränken sie sich nicht auf die Wurzeln dieser Lianen, sondern kommen auch auf ihren kletternden Stämmen in ein bis zwei Meter Höhe vor. Sie erscheinen meist auf der Oberseite der Lianenwurzeln, zuweilen auf den Flanken, sehr selten auf der erdwärts gewendeten Unterseite.

Über die zeitliche Entwicklung der Rafflesiablüten ist noch wenig bekannt. Unter besonders günstigen Verhältnissen werden das ganze Jahr hindurch Knospen, Blüten und Früchte gebildet werden; aber wegen der abgelegenen Standorte von Rafflesiaarten ist eine Lösung dieser und anderer biologischer Fragen ohne unverhältnismäßig große Opfer an Zeit und Geld kaum möglich. Es müßten Versuche ausgeführt werden, wie ein solcher 1856 dem Botaniker Teijsmann im botanischen Garten zu Buitenzorg gelang. Ihm glückte es, reife Samen von Rafflesia Arnoldi auf den Wurzeln zweier Cissusarten zur Keimung zu bringen. Nach anderthalb Jahren waren an den Wurzeln der infizierten Pflanzen nicht nur in der Nähe der Infektionsstellen, sondern auch in größeren Abständen von ihnen Floralpolster (Blüten enthaltende Verdickungen) bis zur Größe eines Hühnereies entstanden. Von diesen Knospen gelangte nur eine einzige zur Entfaltung, und zwar erst drei Jahre nach Aussaat der Samen; doch wurden nach einem Bericht von Scheffer auch in den nachfolgenden Jahren fortwährend neue Blüten erzeugt.

Jede Hervorwölbung, die an der von Rafflesia bewohnten Cissuswurzel entsteht, birgt einen Blütenstand, der am Grunde drei wechselständige, fünfgliedrige Wirtel von Niederblättern trägt und mit einer einzigen Blüte endet. Während der ersten Entwicklung bleibt der ganze Blütensproß von den mitwachsenden Geweben der Wurzel umschlossen. Später wächst er aus der becherartig am Grunde zurückbleibenden Rinde heraus, und diese umkleidet fortan bis zur Fruchtreife die Partien am Grunde, die Cupula, von Blüte und Frucht. Die dünnen, braunen Hüllblätter, die den sichtbar werdenden Scheitel der Knospe überwölben, werden nach und nach auseinandergedrängt und lassen die glatte Außenseite der zuerst elfenbeinweißen, später rötlichen Perigonblätter hervortreten. Lange nicht alle Knospen scheinen zum Abschluß ihres Entwicklungsganges zu kommen. Manche zeigen sich abgestorben und in ihren inneren Teilen zerstört. Eine Blüte mittlerer Größe hatte 27 Zentimeter Durchmesser, eine andere größere 85 Zentimeter.

Rafflesia ist ein- oder zweihäusig, wenigstens ist das Vorkommen männlicher und weiblicher Blüten sicher, während zwitterige fraglich sind. Androeceum und Gynoeceum (männliche und weibliche Geschlechtsorgane) sind Teile der Geschlechtssäule (Columna genitalis), die in beiden Blütenarten ziemlich gleichartig gebaut ist. Der obere Rand dieser Säule ist scheibenartig verbreitert und dient als Narbe. In den männlichen Blüten sitzen die Antheren auf der Innenseite des unten verbreiterten Scheibenrandes in grubenartigen Vertiefungen. Anstatt eines einheitlichen Fruchtknotens besitzt die weibliche Blüte ein System zahlreicher Hohlräume, die durch dickere und dünnere Gewebeschichten voneinander getrennt sind und an ihrer Wandung zahlreiche Samenanlagen tragen.

Über die Bestäubungs- und Befruchtungsvorgänge der Rafflesiazeen ist noch sehr wenig Sicheres bekannt. Die Beobachtungen sprechen fast alle für Fremdbestäubung durch Insekten. Als Anpassungen zur Anlockung der Insekten erscheint die ungewöhnliche Größe der Blüten und vor allem ihre intensive Färbung geeignet. Über den Geruch der Blüten gehen die Ansichten auseinander. Vielfach ist ein betäubender Aasgeruch festgestellt, in anderen Fällen nur ein schwacher Duft, „etwa wie gärendes Braunbier". Frische Blumen scheinen oft gar nicht zu duften, auch Ernst und Schmid konnten an ihren Exemplaren keinen auffälligen Geruch feststellen. Sie würden sich daher am ehesten der Ansicht anschließen, daß die Anlockung der die Bestäubung vermittelnden Insekten (Fliegen, kleine Mücken) weniger durch den Geruch als durch die sonstigen auffallenden Eigenschaften der Blüte erfolgt.

Bei Rafflesia stäubt nach der Beobachtung unserer Forscher der Pollen nicht trocken aus, sondern wird in dickflüssiger Masse entleert. Damit ist auch das für eine insektenblütige Pflanze auffällige Fehlen aller Hervorragungen oder Skulpturen an der Außenhaut der Pollenkörner erklärt. Am Körper der über die Antheren hinkriechenden Insekten bleibt der klebrige Pollenbrei haften und beim Besuche der weiblichen Blüten wird beim Überkriechen der Narbenzone ein Teil des Pollens abgestrichen. In ähnlicher Weise wird die Bestäubung auch bei Brugmansia, aus deren Pollensäcken der Pollen ebenfalls in Form eines dickflüssigen Schleimes austritt, vor sich gehen. Jedoch kann hier neben Fremdbestäubung in den zwittrigen Blüten auch Selbstbestäubung stattfinden. Über die Früchte von Rafflesia und Brugmansia ist noch sehr wenig bekannt, ihre Unscheinbarkeit hat sie früher häufig der Aufmerksamkeit der Sammler entzogen. Nach der Befruchtung und dem Abblühen nehmen die absterbenden Teile der Blüte einen immer dunkler werdenden Farbenton an. Die Perigonblätter, das Diaphragma und die weniger widerstandsfähigen Teile der Hüllblätter beginnen zu vermodern und verwandeln sich allmählich in einen schwarzen Brei, der die werdende Frucht größtenteils einhüllt. Die Früchte der Rafflesia sind, je nach der Art, 7·5 bis 10 Zentimeter hoch, bei Brugmansia niedriger. Die winzigen, noch nicht ein Millimeter langen und breiten Samen werden erst frei, wenn die reife Frucht vermodert oder zertreten wird. Ihre Verbreitung wird wohl hauptsächlich durch Tiere erfolgen, an deren Füßen der samenhaltige Fruchtbrei hängen bleibt.



Was für eine Fruchtart ist die Bananenfrucht? Diese Frage, die angesichts der großen Beliebtheit der Bananen und ihrer stetig wachsenden Einfuhr nicht ohne Interesse ist, erklärt P. Baumgartner*) in einer umfangreichen Untersuchung an Bananenblütenständen für recht schwierig zu beantworten. Es finden sich mehrere Fruchttypen, und zwar am selben Exemplar nicht selten zwei oder mehr. Zunächst die bekannte langgestreckte weiche, mehr oder minder saftreiche, roh eßbare sog. Eßbanane und die gekocht eßbare sog. Gemüsebanane. Sie vor allem meint der Botaniker, wenn er die Frucht als Beere (bacca) bezeichnet. Als solche öffnen sie sich nicht und sind im Innern mehr oder weniger saftig. Die äußere Fruchtschicht ist nicht genießbar. Ein zweiter, weit seltenerer Typus ist ungenießbar, selbst für Affen, weil zu trocken und lederig. Diese Früchte sind kleiner und zeigen starke Anschwellungen durch die meist großen, sehr harten Samen, die dem obigen Typus stets fehlen. Diese Samen sind übrigens sehr wenig zahlreich pro Frucht und Fach (bei Musa Ensete z. B. zwei bis drei in einer Frucht, trotz viel zahlreicherer Anlagen) und sehr groß, so daß die Frucht mehr oder minder „kastanienartig" aussieht. Die Samen dürften hier durch Verwittern und Zerfasern der Hülle freiwerden. Auf diesen, das andere Extrem bildenden Fruchttypus paßt die Bezeichnung „Beere" garnicht mehr, und doch sind gerade die Pflanzen mit diesen Früchten die primitivsten des Genus. Man könnte im Hinblick auf nahe Verwandte die Bananenfrucht von einer Kapsel ableiten, die infolge der Ausbildung nur weniger oder gar keiner Samen sich nicht mehr öffnet, wie dies auch sonst nicht selten der Fall ist. Baumgartner möchte daher die Bananenfrucht als eine sich nicht mehr öffnende, wenigsamige oder samenlose ursprüngliche Kapselfrucht mit ursprünglich ledriger oder trockener Schale bezeichnen, in den höheren Formen mit saftigem Fruchtinneren. Auch die Bezeichnung als gurkenähnliche Frucht, die sich hier und da findet, entspricht den Tatsachen noch besser als Beere, ist aber ebenfalls zu beschränkt.

Die Entstehung der beiden genannten und anderer vermittelnder Fruchtformen ist für die Einteilung der Blüten von Wichtigkeit. Die nach Baumgartner primitiveren trockenen Früchte von Musa Ensete und ähnlichen entstehen, soweit bekannt, nur nach Bestäubung und nur bei Reifung eines keimfähigen Samens. Die Bildung tauber, wenn auch ziemlich großer Samen führt bei ihnen nicht zu voller Fruchtreife. Es handelt sich also bei diesen Blüten um die normale typische Fruchtbildung. — In den nächst unteren Scharen derselben Art und Infloreszenz, also etwas tiefer und damit hinsichtlich der Ernährung etwas günstiger gestellt, wachsen die Fruchtknoten aber auch ohne Samenbildung, zunächst freilich nur kurze Zeit, und welken dann. Je tiefer sie stehen, um so länger wachsen sie. Der Einfluß der Bestäubung ist unbekannt, in den unteren Scharen aber wahrscheinlich gleich Null, da das Verhalten ganz von der Stellung abhängig erscheint. Die nebeneinanderstehenden Blüten verhalten sich genau gleich, entfernt stehende ungleich. — In den untersten Scharen endlich dauert das Wachstum noch länger, die Frucht bleibt grün, wird sogar bei Ensete etwas saftig und übertrifft die normale Frucht endlich merklich an Länge. Die Samenanlagen bleiben gewöhnlich alle auf derselben frühen Stufe stehen. — Bei den Eß- und Gemüsebananen fehlt der zuerst angeführte Fruchttypus, der zweite findet sich höchstens vereinzelt in den obersten Fruchtscharen. Ihre Früchte entsprechen alle im Prinzip den eben geschilderten der untersten Scharen von Ensete, nur sind sie noch größer und vor allem saftiger und bei normaler Entwicklung stets samenlos. In den extremsten Fällen werden die Samenanlagen sogar wieder aufgesogen oder gar nicht mehr angelegt.

Die Fruchtbildung von Eß- und Gemüsebananen, vermutlich aber auch vom vorstehend angeführten dritten und zweiten Typus erfolgt ohne jede Bestäubung. Die Frucht erreicht nämlich äußersten Falles bei noch geschlossener Blüte in geschlossenen Brakteen eine beträchtliche Länge (bis ein Dezimeter), auch wenn Antheren und Pollen ganz fehlen.

Man hat die Entstehung von Früchten ohne Bestäubung als Parthenokarpie oder Jungfernfruchtbildung bezeichnet. Die Banane ist nun aber nach ihrer Funktion — infolge Fehlens des wichtigsten Teiles — keine Frucht mehr, die Bezeichnung Jungfernfrucht für sie ist also anfechtbar. Baumgartner nennt die keimlosen, ohne Bestäubung entstandenen Bildungen in der Regel Trugfrucht, um so eine scharfe Scheidung von den Früchten mit parthenogenetischer resp. apogamer Samenbildung zu haben. Er stellt damit die Trugfrüchte sowohl den letzteren, den echten Früchten mit parthenogenetischer Samenbildung, wie auch den echten Früchten mit normaler Samenbildung gegenüber. Unter den Blüten der Bananen sind somit zu unterscheiden:

1. Nichtfruchtende Blüten: Fruchtknoten klein, ohne Samenfach, ohne Befähigung zu weiterem Wachstum. Griffel und Narbe meist mehr oder weniger verkümmert, Staubblätter in der Regel gut entwickelt.

2. Fruchtblüten im weiteren Sinne: Fruchtknoten größer, mit Samenfächern und Befähigung zu weiterem Wachstum; Ausbildung der übrigen Blütenteile wechselnd. Sie sind

a) Normale, echte Fruchtblüten: Wachstum des Fruchtknotens erfolgt nur nach Bestäubung und Befruchtung, auf alle Fälle nur bei gleichzeitiger Reifung keimfähiger Samen. Hier kommen echte Zwitterblüten und Übergänge zu rein weiblichen Blüten vor.

b) Trugfruchtblüten: Fruchtknoten wächst ohne Bestäubung und Samenreifung zu fruchtähnlichem, samenlosem Gebilde aus.

Bei den meisten Bananenarten treten zwei scharf voneinander verschiedene Blütentypen auf. In den untersten Tragblättern des Blütenstandes findet sich, meist in einer verhältnismäßig kleinen

*) Beihefte zum Bot. Zentralblatt Bd. 30, Heft 3.

Zahl von Blüten, ein meist recht einheitlicher Typus, der sich durch das Vorhandensein von Samenfächern und vollständigen Griffeln mit Narbe, vor allem aber durch die Fähigkeit des Fruchtknotens zu weiterem Wachstum nach dem Aufblühen resp. durch Fruchtbildung ausgezeichnet. Der andere Blütentypus nimmt meist den ganzen übrigen, stets weit größeren Teil des Blütenstandes ein. Sein Fruchtknoten wird nie zur Frucht, d. h. er stellt mit dem Aufblühen sein Wachstum ein. Während



Das Blatt von Pavetta indica.
Die dunklen Punkte sind Bakterienknoten. Original-Photographie.

die Staubblätter hier wenigstens äußerlich stets wohl entwickelt sind, ist der Griffel oft rudimentär, ohne Narbe, und Samenfächer fehlen. — Blüten vom ersten Typus kann man als weibliche, auch als fertile, Blüten vom zweiten Typus dagegen als männliche oder sterile bezeichnen.

Pflanzenernährung.

Schon lange ist es bekannt, daß zwischen gewissen höheren Pflanzen und mehreren Arten Bakterien, die in den Wurzelknöllchen jener Gewächse hausen, eine enge Lebensgemeinschaft besteht: die Bakterien vermögen den anorganischen Stickstoff der Luft zu assimilieren und auf diese Weise die Pflanzen mit der ihnen nötigen Menge dieses Nahrungsmittels zu versorgen, während sie selbst von den Wurzeln, in denen sie hausen, die notwendigen Kohlenhydrate beziehen. So können die höheren Gewächse — vor allem sind es Schmetterlingsblütler — in stickstofffreiem Boden gedeihen, da das Bodenbakter (Bacterium radicicola) für sie den elementaren Stickstoff aus der im Boden enthaltenen Luft sammelt. Der Landmann kann auf Grund dieser Symbiose stickstoffarme oder stickstofffreie Böden durch Unterpflügen der gepflanzten Leguminosen an Stickstoff bereichern.

Dieser allgemein bekannten Symbiose hat die Forschung neuerdings eine Anzahl ähnlicher Fälle angereiht, über die Dr. V. Vouk in Agram zusammenfassend berichtet *).

Die interessanteste und am besten bekannte dieser Lebensgemeinschaften ist das erbliche Zusammenleben von Bakterien mit einigen tropischen Rubiazeen und Myrsinazeen (zu den ersteren, den Krappartigen, gehören der Chinarindenbaum, der Kaffee, die Krapppflanze). Vor einem Jahrzehnt entdeckte Zimmermann, daß die auf den Blättern einiger Rubiazeen (Pavetta und Psychotria) vorkommenden Knötchen Bakterien enthalten, und später wurde auch bei einigen tropischen Myrsinazeen ähnliches gefunden. Die physiologische Aufgabe der Bakterien im Lebenslauf ihrer Wirtspflanze hat v. Faber festgestellt.

Die Bakterienknoten der Rubiazeen sind über die ganze Oberfläche der Blätter als knotenartige rundliche dunklere Verdickungen verteilt, bei den Ardisien (Myrsinazeenarten) liegen sie in einer Reihe längs des Blattrandes; die Entstehung der Knoten ist in beiden Familien ziemlich dieselbe. Die Bakterien begleiten ihre Wirtspflanze während ihrer ganzen Entwicklung. Sie befinden sich im Samen zwischen Embryo und Endosperm, in der Blüte, im Fruchtknoten, in der Samenanlage. Wie sie in die jungen Blätter gelangen, ist bei Pavetta beobachtet worden. Die schon in dem Samen befindlichen Bakterien gelangen bei seiner Keimung sehr leicht in die Stipularhöhle der jungen Blattknospe, wo sie sich in der von den harzabsondernden Drüsen (Colleteren) ausgeschiedenen Gummimasse aufhalten. Durch die an den jungen Blättern frühzeitig entwickelten Spaltöffnungen wachsen die Bakterien in das Blattgewebe hinein, vermehren sich lebhaft und erfüllen allmählich die ganze Interzellularhöhle (Zwischenzellraum). Die umgebenden Blattzellen vermehren sich nun auch lebhaft, wachsen der Bakterienhöhle zu und verschließen die ursprüngliche Öffnung ganz. Die Bakterien sind also direkt gefangen und vermehren sich in der Höhle, die sich allmählich vergrößert und ganz von ihnen ausgefüllt wird.

Die Bakterien der Rubiazeen und der Ardisien sind von ganz gleicher Form. Die der Knoten sind charakteristisch verzweigt und etwas verdickt, sie haben nach v. Faber große Ähnlichkeit mit den echten Tuberkelbazillen. Die beiden Bakterienarten, das Bacterium foliicola und das Mycobacterium Rubiacearum, gehören jedenfalls zu derselben Gattung, da sie die wichtigsten Merkmale, Form, Unbeweglichkeit, Säurefestigkeit und die Eigenschaft, den Stickstoff der Luft zu assimilieren, gemeinsam haben.

Um die Rolle der Bakterien im Pflanzenorganismus festzustellen, hat v. Faber sowohl die Bakterien rein gezüchtet als auch die Pflanze, Pavetta, ohne Bakterien erzogen. Es war nicht so einfach, die Pflanzen bakterienfrei zu bekommen.

*) Die Naturwissenschaften. 1. Jahrg. (1913), Heft 4.

Nach Behandlung der Samen mit heißem Wasser von 50°, etwa 50 Minuten lang, starben die Bakterien in dem Samen ab, ohne daß die Keimfähigkeit der letzteren beeinträchtigt worden wäre. Solche Samen mit getöteten Bakterien keimten viel langsamer als die mit lebenden, die aus ihnen entstehenden Pflanzen wuchsen auch viel langsamer, ihre Blätter waren kleiner und blaß. Solche sterilisierten (bakterienfrei gemachten) Pflanzen sind auch in Sand mit und ohne gebundenen Stickstoff (Düngung) kultiviert worden, und es zeigte sich, daß die bakterienfreien ohne gebundenen Stickstoff an Stickstoffhunger leiden, Bakterienpflanzen ohne Stickstoffdünger dagegen normal wachsen. Da diese Experimente steril, d. h. unter Ausschluß anderer Mikroorganismen, durchgeführt sind, so beweisen sie indirekt, daß die Rubiazeen mit Hilfe der Bakterien in ihren Blättern ihren Bedarf an Stickstoff aus der Luft decken. Das isolierte und reingezüchtete Mykobakterium gedieh ohne eine den Stickstoff in anorganischer oder organischer Form enthaltende Nährquelle, kann also den atmosphärischen Stickstoff assimilieren.

Es besteht eigentlich eine große Ähnlichkeit zwischen Wurzelknöllchen- und Blattknotenbakterien, nicht nur hinsichtlich der Form, sondern auch in der Verrichtung. Der Unterschied ist nur biologischer Natur. Die Knöllchenbakterien der Leguminosen greifen die Pflanze von außen an und gelangen parasitisch immer von neuem aus der Erde in die Pflanzenwurzeln hinein; dagegen bleiben die Blattknotenbakterien mit ihrer Wirtspflanze in dauernder Verbindung, weshalb H. Miche, der diese Verhältnisse besonders bei den Blatträndern von Ardisia studiert hat, diesen Fall von Lebensgemeinschaft zutreffend als „erbliche Symbiose“ bezeichnete.

Eine andere, ebenfalls erbliche Symbiose von Bakterien mit höheren Pflanzen kommt bei einigen Tropengewächsen mit sogenannten Wasserkelchen vor. M. Treub hat eine solche Pflanze, die Spathodea campanulata („Tulpenbaum“ in den Tropen genannt) mit schönen orangeroten glockenförmigen Blüten, genau untersucht und ihre Entwicklungsgeschichte verfolgt. Im Jugendstadium sind ihre Kelche mit einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt, in der bereits Treub regelmäßig viele Bakterien vorfand. Nach v. Fabers Untersuchungen treten diese, wenn auch in geringer Zahl, schon in den filzigen Haaren in der Vegetationsknospe auf. Wenn sich der Wasserkelch aus einer solchen Vegetationsknospe bildet, werden die Bakterien in den Kelch eingeschlossen und kommen später in der Flüssigkeit, welche die Wasserdrüsen (Hydathoden) des Kelches ausscheiden, reichlich zur Entwicklung. Sie gehören wahrscheinlich verschiedenen Arten an, doch ist eine bestimmte Bakterie, die in Form von kurzen, etwas gekrümmten unbeweglichen Stäbchen auftritt, stets darunter.

Aus der Flüssigkeit der Kelche gelangen die Bakterien in den Fruchtknoten und sogar in den Embryosack, begleiten also auch hier die Wirtspflanze in ihrer ganzen Entwicklung, so daß v. Faber auch hier eine ähnliche Lebensgemeinschaft — erbliche Symbiose — wie bei den Rubiazeen vermutet. Möglicherweise könnten die Bakterien jedoch auch nur als Epiphyten, unschädliche, aber auch für den Träger nutzlose Überpflanzen, auf der Wirtspflanze vorhanden sein. Übrigens hat man auch bei anderen Pflanzen mit sog. Wasserkelchen Bakterien gefunden, nicht nur am Vegetationspunkt, sondern sogar im Samen, also ganz entsprechend den Bakterien in Blättern.

Schon bei den niedersten Pflanzen bestehen solche Lebensgemeinschaften mit Bakterien, z. B. in der Gruppe der Myxomyzeten, Schleimpilze oder Pilztiere, die an der Grenze des Tier- und Pflanzenreiches stehen. Reinzuchten des Schleimpilzes ohne Bakterien sind kränklich. In den meisten Fällen wurde neben anderen Bakterien, häufig auch ganz allein, der Bacillus fluorescens var. liquefaciens Flügge als Begleiter des Schleimpilzes gefunden. Über die Beziehungen der Bakterien zu den aus den Schleimpilzsporen geschlüpften Schwärmern und zu den sich daraus entwickelnden Myxamöben hat Dr. Vouk interessante Beobachtungen gemacht. Läßt man die Sporen des Schleimpilzes Didymium in einer feuchten Kammer im sog. hängenden Tropfen einer Nährlösung keimen, so treten schon nach etwa 12 Stunden lange, mit einer Geißel versehene Schwärmer heraus. Zu gleicher Zeit sieht man im Tropfen auch Bakterien von Stäbchenform, die sich lebhaft bewegen und sich ziemlich rasch vermehren. Die Schwärmer bewegen sich mittelst ihrer Geißel zunächst ziemlich lebhaft drehend, später langsamer und endlich nach Verlust der Geißel wie Amöben. Die Bakterien sammeln sich jetzt am hinteren Ende des Schwärmers um die pulsierende Vakuole herum und bewegen sich hier lebhaft. Fast jeder Schwärmer bewegt sich mit einem Anhängsel von Bakterien kriechend vorwärts. Daß sie sich nur an dem Ort der pulsierenden Vakuole sammeln, lehrt uns, daß jedenfalls eine nähere Beziehung zwischen Bakterien und Schwärmern bezw. Myxamöben besteht. Wahrscheinlich wird von der Vakuole ein Stoff ausgeschieden, der chemotaktisch auf die Bakterien wirkt, vielleicht aber auch eine Nährstoffquelle für sie darstellt. Anderseits wissen wir, daß Bakterien von Myxamöben verzehrt wer-



Fig. 1. Fig. 2. Die Wasserkelche von Spathodea. Fig. 1 durchgeschnitten; Fig. 2 geschlossen, nach Treub.

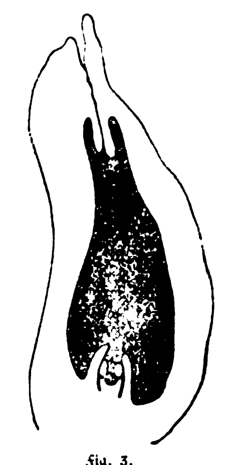


Fig. 3. Ein junger Wasserkelch von Spathodea (im Durchschnitt schematisiert) erfüllt mit der Flüssigkeit, nach Treub.

den, die Vakuolen sind sogar die Verdauungsorte der Bakterien, in denen man sie direkt beobachten kann. Man könnte auch annehmen, daß der von den Vakuolen ausgeschiedene Stoff einfach zur Anlockung der Bakterien dient, die dann von den Amöben in bekannter Weise verdaut werden.

Auch bei der weiteren Entwicklung des Schleimpilzes sind die Bakterien ständige Begleiter. Es entsteht zeitweise ein förmlicher Kampf zwischen den beiden Bionten (Genossen der Lebensgemeinschaft), aus dem dann doch die Plasmodien des Myxomyzeten als Sieger hervorgehen, ohne jedoch der Begleitung der Bakterien entledigt zu werden. Züchtet man die Schleimpilze auf Nährboden (Agar), so entwickeln sich auch die Bakterien stets in unmittelbarer Nähe des Pilzes, nicht zerstreut auf der ganzen Oberfläche des Agars.

Berücksichtigt man folgende Punkte: erstens, daß es bisher kaum gelungen ist, die Schleimpilze in einer absoluten Reinkultur zu züchten, zweitens, daß die absoluten Reinkulturen des Botanikers Nadson kränklich und schwach waren, drittens, daß die Bakterien als Begleiter des Schleimpilzes in allen seinen Entwicklungsstadien vorkommen — so kann diese Lebensgemeinschaft wohl auch als „erbliche Symbiose" bezeichnet werden, obwohl uns der Sinn dieser Symbiose auch weiter verborgen geblieben ist. Ein Forscher, Pinoy, bezeichnet die Gemeinschaft als einen Parasitismus, bei dem die Bakterienkolonien die Rolle des Wirtes übernehmen, der Schleimpilz also der Schmarotzer wäre.

Eine ganz besondere Art der Lebensgemeinschaft zeigt der parasitisch auf den Wurzeln von Kreuzblütlern lebende Schleimpilz Plasmodiophora Brassicae, der Urheber der sog. Kohlhernie. Auch er lebt in Gemeinschaft mit einer Bakterie, die nach Pinoy als eigentliche Urheberin der Fäulnis der Kruziferenwurzel anzusehen ist. Hier hätten wir also eine dreigliedrige Lebensgemeinschaft, ein Fall der Verknüpfung der Symbiose mit Parasitismus.

Noch deutlicher tritt der Parasitismus bei der Lebensgemeinschaft der Bakterien mit einigen Rotalgen (Florideen) zu Tage. Allerdings schädigt die Ausbildung der Gallen, in denen sich die Bakterien auf den Florideen ansiedeln, die Nährpflanze gar nicht, solange die Anzahl der Gallen beschränkt bleibt. In diesem Falle könnte man also noch immer von einer Symbiose reden, denn ein Zusammenleben ohne gegenseitige Schädigung ist ja im weiteren Sinne eine Symbiose. Daß aber die mutualistische Symbiose, das Zusammenleben der Organismen mit dem Ziel gegenseitiger Hilfe, in einen Parasitismus umschlagen kann, zeigt der Umstand, daß auch die eingangs erwähnten Knöllchenbakterien der Leguminosen, wenn sie sich im Übermaße entwickeln, die Wirtspflanze zu Grunde richten können. Wenn die am Vegetationspunkt und im Samen von Pavetta (siehe oben) friedlich wohnenden Mikroorganismen beim Eindringen in andere Teile der Pflanze ihre friedliche Natur aufgeben und zu Angreifern werden, um sich bald darauf wieder in friedliche Bürger zu verwandeln, so zeigt diese wiederholte Änderung im physiologischen Verhalten nach v. Faber deutlich, daß eine scharfe Grenze zwischen Parasitismus und Symbiose nicht zu ziehen ist; beide Fälle können je nach den äußeren Bedingungen ineinander übergehen. Betrachtet doch V. Grafe die Symbiose lediglich als einen im Gleichgewicht befindlichen Parasitismus.

Für das merkwürdige Vermögen der Pflanzen, sich unter den zur Auswahl stehenden Nährstoffen des Erdbodens die ihnen jeweils nötigen und diese wieder in bestimmten Mengen anzueignen, gibt E. Kratzmann ein hübsches Beispiel in seiner Arbeit: Der mikrochemische Nachweis und die Verbreitung des Aluminiums im Pflanzenreiche *).

Mittels einer Untersuchungsmethode, welche noch 0·3 Mikrogramm des Aluminiums (in der Form $Al_2 (SO_4)_3 . Cs_2 SO_4$) nachzuweisen gestattet, wurden 130 Pflanzen aus den verschiedensten Familien auf Aluminium geprüpft. Auf Grund dieser Untersuchungen muß das Al für einen im Pflanzenreich ungemein weit verbreiteten Körper erklärt werden; ja manche Pflanzen enthalten so viel Al, daß man sie geradezu als Aluminiumpflanzen bezeichnen kann. Doch steht das Vorkommen des Minerals nicht in Zusammenhang mit der systematischen Stellung der Pflanzen; die eine Art einer Gattung kann sehr viel, eine andere derselben Gattung sehr wenig oder gar kein Al enthalten. Manche Kryptogamen speichern Al besonders in den Sporophyllständen bezw. den sporentragenden Blattabschnitten auf, auch bei Blütenpflanzen enthalten bisweilen die Blüten mehr Aluminium als andere Teile der Pflanze.

Die Pflanzen besitzen also dem Aluminium gegenüber ein spezifisches Wahlvermögen. Von zwei unmittelbar nebeneinanderstehenden Pflanzen kann die eine sehr viel, die andere gar kein Al enthalten.

Eine Allerweltspflanze oder einen Ubiquisten tropischer und subtropischer Gebiete hat Ernst Lehmann**) in einer Ehrenpreisart, der Veronica javanica-Blume, entdeckt. Die Pflanzengeographen bestätigen, daß ein derartiges Vorkommen selten ist. Drude sagt z. B.: So sind fast alle Pflanzenarten, ja die überwiegende Anzahl der Gattungen, in den amerikanischen Tropen und in denen der Alten Welt auf je einen Kontinent beschränkt. Natürlich muß man dabei von den Gewächsen absehen, die ihre Verbreitung um das ganze Erdenrund dem Menschen verdanken.

Wenn also eine selbständige Verbreitung einzelner Pflanzenspezies durch die Tropen beider Erdhälften sicher zu den Seltenheiten gehört, dann lohnt es stets die Mühe, den Ursachen dieser Verbreitung nachzuspüren.

Als Standort der Veronica javanica nennt Lehmann zunächst Java, dann Assam in Hinterindien, den Himalaya, Tonkin, die Liukiu-Inseln, Formosa, Japan; ferner Ostafrika und Erythräa sowie Brasilien. Die Pflanze findet sich also inner-

*) Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Jahrg. 1913, Nr. IX (math.-nat. Kl.).

**) Annales du jardin bot. de Buitenzorg vol. X (1912), 2. partie.



halb der Wendekreise in der Alten und der Neuen Welt vor. In Asien, besonders in Japan, überschreitet sie noch das Gebiet der Tropenzone und dringt in subtropische Gebiete vor.

Die Frage, wie die Pflanze diese weite und ungewöhnliche Verbreitung erlangt hat, sucht der Verfasser zu beantworten, indem er feststellt, welche Standorte im speziellen von dem Ehrenpreis innerhalb seiner weiten Verbreitung besiedelt wurden. Drei Gesichtspunkte sind bei Betrachtung der Standorte zu berücksichtigen: einmal die Höhenlage des Standorts, zweitens eine etwaige Wassernatur der Pflanze und drittens ein etwaiger Zusammenhang ihrer Verbreitung mit großen Kulturzentren.

Eine genaue Untersuchung der Standortsverhältnisse ergibt, daß unser Ehrenpreis die weiten Gebiete seiner Verbreitung in den Bergländern der Tropen und Subtropen sicher nicht selbständig erobert hat. Bei ihm spielt einmal die Verbreitung durch den Menschen und dann der Umstand, daß er die Ufer von Wasserläufen besiedelt, eine sehr wichtige Rolle. Die alte Anschauung, daß in den Tropen heimische Pflanzen ohne diese Faktoren eine weite Verbreitung innerhalb der Wendekreise nicht erlangen, findet in diesem Falle universellen Vorkommens eine starke Stütze. Lehmann möchte die Pflanze als einen Begleiter tropischer und subtropischer, an reichliche Bewässerung gebundener Bergkultur bezeichnen. Der Fall zeigt, daß eine Nachprüfung weitverbreiteter Pflanzen oft zu recht unerwarteten Ergebnissen führt; denn von Veronica javanica hatte man diese Verbreitungsweise bisher wohl kaum vermutet. Meinte doch Prof. Engler, daß diese Ehrenpreisart, die er als V. afrochamaedrys bezeichnete, zu den Pflanzen der nördlichen gemäßigten Zone gehöre, die in die Hochgebirge des tropischen Afrikas übergegangen sind und sich dort zu Gebirgspflanzen mit abweichendem Charakter verwandelt haben. Unsere Veronika wird von Engler auf die allbekannte V. chamaedrys als Ursprungspflanze zurückgeführt, eine Annahme, der sich Lehmann angesichts sehr wichtiger trennender Merkmale der beiden Arten nicht anschließen kann.

Aussterbende und Ausgestorbene.

Während von den Waldbäumen, die zur Tertiärzeit die mitteleuropäischen Waldungen zusammensetzen und uns fossil in den Braunkohlenlagern erhalten sind, sich nur wenige Arten in die Gegenwart hinübergerettet haben, finden sich ganz nahe Verwandte dieser voreiszeitlichen Flora in den Wäldern Ostasiens und Nordamerikas. Die Braunkohlenlager Mitteleuropas enthalten Mammutbäume, Taxusarten, Sumpfzipressen, Magnolien, Pterokaryen u. a. Der zweilappige Gingko, dessen asiatische Heimat man noch immer nicht kennt, schmückte einst den heimischen Forst. Dem Klima nach könnten Gewächse wie der Tulpenbaum, die Hickorynuß, die Walnuß, der Geweihbaum (Gymnocladus), der Lebensbaum, die Zypresse (Chamaecyparis) u. a. noch ganz gut bei uns gedeihen. Daß sie verschwunden sind, hat geologische Gründe. Als die von Skandinavien und Finnland über Mitteleuropa hereinbrechende Vereisung die Pflanzen nach Süden drängte, stellten mächtige Gebirgszüge, die Pyrenäen, Alpen und Karpathen, ihrer Wanderung ein unüberschreitbares Hindernis entgegen. Nur Holzarten mit geringem Wärmeanspruch konnten sich am Fuße der Gletscher erhalten und nach Zurückgehen der Vergletscherung die Wiederbewaldung der nördlich von den Alpen gelegenen Länder vollziehen. In Nordamerika war das Zurückweichen nach Süden nicht durch sperrende Gebirgsquerriegel verhindert, in Ostasien (Japan) scheint eine Eiszeit gar nicht geherrscht zu haben. Deshalb finden wir hier alle dieselben oder verwandten Arten erhalten, die bei uns in der Diluvialzeit erloschen sind.

Gegenwärtig sind es weniger geologische Faktoren als das Walten des Menschen, das vereinzelten Arten auf der Erde ein Ende setzt, andere



Zweig der japanischen Fächertanne, Gingko biloba.

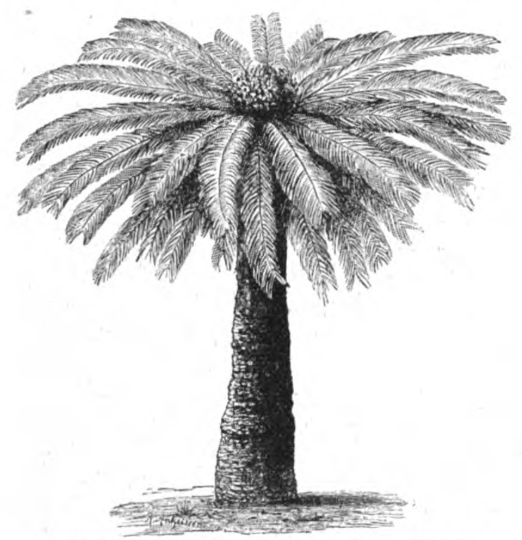
vor dem Aussterben bewahrt. In den Nutzpflanzen hat er sich eine Art pflanzlicher Hauswesen, den Haustieren entsprechend, geschaffen, von denen viele in wildem Zustande nicht mehr vorhanden sind. Unter den Bäumen gehört hierher die schon erwähnte heilige Fächertanne (Gingko biloba) der Chinesen und Japaner, die Goethe*) als Sinnbild der Freundschaft pries. Sie verdankt ihre Erhaltung dem Umstande, daß sie als Schmuckbaum in Tempelanlagen künstlich angebaut wird; wild ist sie bisher noch nirgends gefunden. Sie wächst ungemein langsam, erreicht aber ein hohes Alter; Bunge sah bei Peking Bäume von 13 Meter Umfang, deren Alter er auf 2000 Jahre schätzte. Auch der erst vor 65 Jahren auf der Sierra Nevada in Kalifornien entdeckte und seitdem noch an neun andern vereinzelten Stellen des Gebirges aufgefundene Mammutbaum (Sequoia gigantea) wird dem Aussterben kaum entgehen, wenn der Mensch sich seiner nicht kräftig schirmend annimmt.

Schlimm ist es um eine Pflanze bestellt, wenn der Eigennutz des Herrn der Erde ihr gegenüber in Betracht kommt, wie bei der Palmfarnart Macro-

*) Dieses Baums Blatt, der von Osten meinem Garten anvertraut, gibt geheimen Sinn zu kosten, wie's den Wissenden erbaut. Ist es ein lebendig Wesen, das sich in sich selbst getrennt? Sind es zwei, die sich erlesen, daß man sie als eines kennt?



zamia Moorei*). Die Pflanze gehört zu den Palmfarnen (Cycadales), einer der ältesten Pflanzengruppen, die auf der untersten Stufe der Samenpflanzen stehen und durch die fossilen Samenfarne (Cycadofilices) mit den echten Farnen (Filices) verbunden sind. Ihr Wuchs erinnert teils an die Baumfarne, teils an die Palmen. Auf einem gewöhnlich nur niedrigen Stamm sitzt eine Krone mächtiger, einfach oder doppelt gefiederter Blätter. Die Pflanzen sind zweihäusig; männliche und weibliche Blüten, auf verschiedene Stämme



Cycas revoluta, Habitusbild eines weiblichen Exemplars.**)

verteilt, stehen meist zu Zapfen vereinigt. Die Palmfarne treten schon in der Permzeit auf und erreichen in der mesozoischen Periode ihre größte Verbreitung. Gegenwärtig finden sie sich am reichlichsten in Mexiko und in Queensland, doch auch hier sind sie zumeist nicht häufig, und die einzelnen Arten haben nur kleine Verbreitungsgebiete. In Queensland kommen die drei Gattungen Cycas, Macrozamia und Bowenia vor. Macrozamia, die vorherrschende, ist in mehreren Arten vertreten, deren merkwürdigste nach den Untersuchungen, die Charles J. Chamberlain an Ort und Stelle vorgenommen hat, Macrozamia Moorei ist. Man kennt von ihr nur einen einzigen Standort, Springsure, etwa 200 engl. Meilen von Rockhampton. Ihr massiver Stamm ist durchschnittlich 2 bis 3 Meter hoch, erreicht aber auch 5, ja selbst 7 Meter Höhe und einen Durchmesser von mehr als 70 Zentimeter. Die zwei bis drei Meter langen Blätter können zu Hunderten in einer Krone beisammenstehen. Die weiblichen Zapfen, von denen gewöhnlich zwei bis vier an einer Pflanze auftreten, werden 90 Zentimeter lang; ein solcher Zapfen wog unreif bei 80 Zentimeter Länge 15 Kilogramm. Die männlichen Pflanzen haben eine größere Zahl (20 bis 40, selbst über 100) von seitlichen Zapfen und machen dadurch die schon in andern Merkmalen begründete Verwandtschaft mit der Klasse der Bennettitalen noch enger. Bei dem außergewöhnlichen Interesse, das diese Pflanzenart bietet, ist sehr bedauerlich, daß ihr die Vernichtung droht. Sie hat nämlich unvorsichtigerweise nicht vorausgesehen, daß einmal die Europäer mit ihrer Rinderzucht ins Land kommen würden. So enthalten denn ihre jungen Blätter ein Gift, das bei Rindern Lähmung hervorruft und sie bei den Ansiedlern in üblen Ruf gebracht hat. Um sie zu vertilgen, haut man eine Kerbe in den Stamm, bohrt von da aus ein großes Loch bis in die Mitte des Markes und füllt es mit Arsenik. Die Pflanze stirbt dann ab. Wenn hiergegen nicht eingeschritten wird, dürfte es nach einigen Jahren schwer sein, noch ein Exemplar dieser Macrozamia vorzufinden.

*) Die Naturwissenschaften. 1. Jahrg. (1913), Nr. 17.

**) Nach: Naturw. Wochenschrift 1913, Nr. 12.

Eine der wichtigsten und merkwürdigsten ausgestorbenen Familien des Pflanzenreichs nennt W. Gothan*) die Bennettiteen oder Bennettitalen, deren Name oben schon genannt ist. Er verwirft den Namen „Palmfarne" für diese Gewächse völlig, da sie weder mit den Palmen noch mit den Farnen etwas zu tun haben, vielmehr eine eigene Reihe und Familie der Nacktsamer bilden. Die Bennettiteen gehören in die Verwandtschaft der zykadeenartigen Pflanzen, jener im Äußeren allerdings palmenartig anmutenden Gewächse, die sich von den Palmen aber schon rein äußerlich durch den Verlauf der Adern und dadurch unterscheiden, daß ihre Blätter im Jugendstadium eingerollt sind, während junge Palmenblätter eingefaltet sind.

Die besonders auf der südlichen Halbkugel in den Tropen und Subtropen verbreitete Familie der Zykadeen spielt heute nur noch eine sehr untergeordnete Rolle in der Pflanzenwelt. Manche ihrer Angehörigen sehen, wenn man so sagen darf, recht fossil aus, wie aus längst vergangenen Erdperioden herübergerettete Überbleibsel. Und dieser äußere Schein ist hier in der Tat nicht betrüglich, wie die Vorgeschichte der Pflanzenwelt lehrt. Denn obwohl die unmittelbaren Vorfahren der heutigen Zykadeen, also die tertiären, nur sehr mangelhaft bekannt sind, unterliegt es doch keinem Zweifel, daß unsere heutigen Zykadeen der Rest einer im Mesozoikum (Trias, Jura, Kreide) überaus häufigen und neben den Nadelhölzern vorwiegenden Familie sind. In Vorläufern schon mit dem höchsten Paläozoikum beginnend, treten Zykadeenreste in jener Periode in einer Fülle von Formen und Individuen auf, gegen die die heutigen Vertreter nur ein schwacher Abglanz sind. Es existierte damals auch eine überwiegende Zahl heute nicht mehr vorhandener Blatt-, Blüten- und Stammtypen, von denen die wichtigsten die Bennettiteen sind. Sie waren im Äußeren zwar durchaus zykadeenartig, wichen aber im Blütenbau völlig von allem ab, was wir an Zykadeen und Nacktsamern (Gymnospermen) überhaupt kennen.

Das am längsten bekannte hierher gehörige Fossil, das der ganzen Gruppe den Namen gegeben hat, Bennettites, zeigt auf einem Blütenboden sich erhebende ziemlich langgestielte Samen mit

*) Naturwiss. Wochenschrift. Bd. XV (1913), Nr. 12.

einem zweilappigen Embryo, zwischen denen etwas längere Hochblätter mit kolbenförmigem Gipfel sichtbar sind. Die Blüte wird von weiteren Hochblättern fast vollständig eingehüllt. Eine andere Gruppe bildet die Zykadoidea-Reihe. Ihre Stämme ähneln äußerlich lebenden Zykadeenstämmen mit ihren zahlreichen Blattpolstern, waren aber mehr knollenförmig und überhaupt kleiner als die jetzigen Zykasstämme und weichen durch ihre Blütenverhältnisse wie die Bennettiteen überhaupt durchaus von Zykas ab. Die ziemlich kleinen Blüten saßen zwischen den Blattnarben eingesenkt in unregelmäßiger Verteilung. Die Blüten waren zum Teil zwitterig, die Pollenträger darin von merkwürdiger Gestalt. Bei Blüten, deren Samen reif sind, sieht man oft die farnwedelartigen Pollenträger abgefallen und nur noch ihre Ansatzstellen, anderseits zeigen die noch pollentragenden Blüten unausgereifte junge Samenanlagen. Es scheint, als ob hier im Gewächsreich zum erstenmal die Erscheinung der Erstmännlichkeit (Proterandrie) aufträte, die bei den Bedecktsamigen so oft zu beobachten ist. Die ganze Blüte wird von einer Hülle umgeben, die oft mit fransenartigen Anhängseln versehen ist, manchmal auch noch von anderen Hochblättern.

Gothan führt noch eine Reihe anderer Fossilgewächse vom Bennettiteentyp auf und stimmt schließlich Nathorst bei, wenn er sagt, daß „während der langen Zeit, wo die Bennettitales die häufigsten Zykadophyten waren, unter ihnen wahrscheinlich beinahe ebensoviele Verschiedenheiten im Blütenbau vorkamen, wie z. B. unter den Vertretern einer der großen Angiospermenreihen der Jetztzeit".

Die prinzipielle Bedeutung der Bennettitalen für stammesgeschichtliche Fragen, besonders der Angiospermenreihe liegt für den Botaniker auf der Hand. Obwohl in der Beblätterung und im ganzen auch im Stammbau sich eng an die Zykadalen anschließend, jedenfalls auch in dieser Hinsicht echte Gymnospermen, zeigen sie einen Blütenbau, den man bei keiner Gymnosperme erwartet hätte. Schon die enge Abschließung der Samen gegen die Außenwelt bildet etwas angiospermenhaftes, und die Blütenverhältnisse erinnern eher an Angiospermen als an Gymnospermen, obwohl im Bau der Samen wieder die Zykadophytennatur mehr betont ist. Zwitterige Blüten bei Gymnospermen von Zykadeencharakter, Blüten, bei denen die Erscheinungen der Proterandrie und Proterogynie sehr wahrscheinlich ausgeprägt waren — eine solche Gruppe steht an Bedeutung dem Urvogel (Archaeopteryx), dem Bindeglied zwischen Reptilien und Vögeln, ebenbürtig zur Seite.

Fragt man sich, an welche Angiospermengruppen der Anschluß der Bennettitales sich am leichtesten vollziehen läßt, so wird besonders im Hinblick auf die Fruchtkörper die Antwort ohne Zweifel lauten: an die Polycarpicae (die Vielfrüchtler, Hahnenfußartigen, Ranales, zu denen u. a. die Magnolien- und Hahnenfußgewächse gehören), und unter ihnen wiederum zunächst an die Magnoliazeen, von denen man den Tulpenbaum (Liriodendron), einen sehr alten Magnoliazeentypus, am ehesten heranziehen möchte. Hier ist daran zu erinnern, daß schon im de Candolleschen System die Ranales an den Anfang der Angiospermenreihe gestellt wurden, und daß Hallier die Magnoliazeen aus anderen Gründen bereits früher als die primitivsten Dikotyledonen (Blattkeimer) angesprochen hatte, besonders wegen einzelner Genera, die durch den gefäßlosen Holzkörper stark an Gymnospermen erinnern. Bennettitales, Magnoliazeen und die anderen Angiospermen mögen von einer alten Wurzel abstammen; ob, wie manche meinen, eine direkte Ableitung von den Bennettiteen möglich ist, sei dahingestellt. Unter den lebenden Gymnospermengruppen ist übrigens eine, die Gnetazeen (zu ihnen gehört u. a. die seltsame Weltwitschie, s. Jahrb. VII, 1909, S. 140), die zwar meist bei den Nacktsamern untergebracht wird, ob mit Recht, erscheint aber mindestens fraglich. Die Blätter tragen zum Teil dikotyle Charaktere, ebenso das gefäßführende Holz; neuerdings werden auch die mit Perianth (Blütenhülle) versehenen Blüten, die ja bei einem „natürlichen" System den Ausschlag geben müssen, als mehr angiosperm bezeichnet. Dies ist also auch eine Nacktsamerfamilie, die dem Systematiker Ärger verursacht. An den Bennettiteen sieht man übrigens, daß man für die richtige Unterbringung der Pflanzen im System unter Umständen neben den Blüten auch die Merkmale der vegetativen Organe mitsprechen lassen muß, die für die Bennettiteen sofort den richtigen Weg zeigen.

Aus der Tierwelt.

(Zoologie.)

Denkende Tiere? * Seltene und Seltsame. * Aus der heimischen Tierwelt. * Aus dem Leben der Kerbtiere.

Denkende Tiere?

Der unseren Lesern wohl noch in Erinnerung stehende „kluge Hans", das Pferd des Herrn v. Osten, ist nicht nur erneut auf seine „Denkfähigkeit" geprüft worden, sondern hat auch noch zwei Genossen erhalten, die hinter ihm — sei es nun an Verstand, sei es an Dressurfähigkeit — nicht zurückstehen. Ehe wir auf ihre in der Tat erstaunlichen Leistungen eingehen, sei auf eine Stimme hingewiesen, die sich warnend gegen eine unberechtigte Vermenschlichung der geistigen Seite der Tiere wendet*).

*) Brehms Tierleben, 4. Aufl., Bd. X.

Prüft man alles, was von wohlverbürgten Beobachtungen nach dieser Seite vorliegt, genauer und läßt man sich zugleich von dem Grundsatze leiten, zu verwickelten Erklärungsgründen erst dann zu greifen, wenn die einfachen versagen, so läßt sich nach dem berühmten Philosophen Wundt das gesamte intellektuelle Leben der Tiere vollständig auf die einfachen Assoziationsgesetze zurückführen, während überall da, wo die entscheidenden Merkmale einer wirklichen Überlegung oder einer aktiven Verstandes- oder Phantasietätigkeit eintreten müßten, diese Merkmale fehlen. Derselben Meinung ist Prof. Heck, wenn er sagt, es sei bis jetzt noch kein einwandfreier Fall festgestellt, wo sich die geistige Leistung eines Tieres über das Niveau erhoben hätte, das der Psychologe mit Assoziation (Verknüpfung) bezeichnet; das ist die Verbindung von Sinneswahrnehmungen und sinnlichen Erfahrungen mit Handlungen in zweckmäßiger Weise, meist so, daß die Handlungen dem persönlichen Wohle des Tieres oder der Erhaltung seiner Art zugute kommen. Diese Assoziationen sind aber ganz äußerlicher Natur und beruhen nicht auf Überlegung und wirklicher Einsicht in den inneren Zusammenhang der Dinge nach Ursache und Wirkung.

Das haben zeitgenössische Forscher in Nordamerika durch lange planmäßige Versuchsreihen bewiesen. Sie ließen allerlei Versuchstiere (Ratten, Katzen, Affen) nur dadurch zur Nahrung oder zur Freiheit gelangen, daß die Tiere einen bestimmten, mehr oder weniger umständlichen Weg fanden oder einen bestimmten Mechanismus in Bewegung setzten. Sie lernten das alle, schneller oder langsamer; doch war stets unverkennbar, daß sie zunächst völlig planlos herumprobierten und dabei ganz zufällig früher oder später das Richtige fanden. Dadurch war dann die entsprechende Assoziation gegeben, die sich so befestigte, daß die Versuchstiere nach einiger Übung in späteren Wiederholungsfällen sofort das Zweckmäßige zu tun wußten. Niemals aber kam es vor, daß ein Versuchstier zunächst nicht gehandelt, sondern verständig überlegt und, nach Erkennung des Richtigen, gleich mit seiner ersten Handlung die zweckmäßige Lösung vollführt hätte. Auch da also, wo Mensch und Tier gleicherweise zweckentsprechend handeln, kommen sie auf verschiedenen Wegen dahin: das Tier, auch das höhere und höchste Säugetier, mittels zufälliger, im Gedächtnis befestigter Erfahrung, der Mensch mittels vernünftiger Überlegung und wirklicher Einsicht in den ursächlichen Zusammenhang.

Selbst da, wo tierische und menschliche Leistungen in einem Maße zusammenstimmen, daß gar keine andere Erklärung mehr denkbar erscheint, stellen sich bei wirklich wissenschaftlicher Nachprüfung doch völlig andere Zusammenhänge und Entstehungsweisen heraus. Ein klassischer Schulfall für alle Zeiten ist der „kluge Hans", dem sein Herr angeblich die Bildung eines Volksschülers, Lesen, Schreiben und Rechnen, beigebracht hatte mit denselben, nur der Sprachlosigkeit des Tieres angepaßten Mitteln, wie sie in der Volksschule beim Kinde angewendet werden. Der kluge Hans, sagt Heck, rechnete und buchstabierte scheinbar genau wie ein Volksschüler, und tatsächlich wußte er von Zahlen und Buchstaben gar nichts, sondern achtete nur scharf auf kleinste unbewußte Bewegungen des vor ihm stehenden Menschen, die ihm anzeigten, wann er mit dem Hufscharren, das nach einem sehr geschickten System die Stelle des Sprechens vertrat, aufhören mußte, um Mohrrüben und Brotstückchen zu erhalten. Das entdeckt und durch Nachprüfungsversuche bewiesen zu haben, ist das große Verdienst des Psychologen Dr. Oskar Pfungst. Allerdings hat auch er nicht alle Augenzeugen, nicht einmal alle Männer der Wissenschaft überzeugt.

Manchmal ist es ja offenbar, wie unnötig hoch eine tierische Handlung eingeschätzt wird. So bei der oft wiederholten Geschichte von der Elefantenmutter, die ihr Kalb aus der Fallgrube retten will. Sie hält getreulich bei ihm aus, bis das Nahen der Jäger sie vertreibt. Man findet den Boden der Grube hoch bedeckt mit Erde und Zweigen und schließt daraus ohne weiteres, daß die Alte das alles absichtlich hineingeworfen habe, um dem Jungen das Hinausklettern zu ermöglichen, während es doch viel näher liegt anzunehmen, daß sie unabsichtlich durch ihr Gewicht die Erde und die Zweige vom Rande der Grube hinabgedrückt und hinabgetreten habe bei ihren fortgesetzten Versuchen, ihr Junges mit dem Rüssel wieder herauszuziehen. Manchmal scheint zunächst jede Aussicht auf eine andere Erklärung als eben die vielbeliebte, daß die höheren Säugetiere sozusagen sprachlose Menschen seien, aussichtslos. In solchen Fällen müßte man immer der Sache auf den Grund gehen: man würde oft staunen über den Erfolg! Nicht selten ist an der wunderbaren Geschichte kein wahres Wort.

Zur Kenntnis der wahren Natur der geistigen Leistungen der Tiere kann uns außer der Logik und der wissenschaftlichen Exaktheit auch noch die Anatomie, der augenfällige Fund am Gehirn, den rechten Weg weisen. In dieser Hinsicht belehrt uns der bedeutende Gehirnanatom Edinger am Schlusse eines Vortrages mit den Worten: Was aber alle Tiere vom Menschen unterscheidet, das ist die Gesamtgröße des Neencephalon (der Gehirnteile, die den höheren Geistesleistungen dienen, vor allem der beiden Hemisphären des Großhirns; s. Jahrb. VIII, S. 182). Ein riesengroßer Gorilla hat ein kleineres Gehirn als ein Menschensäugling. Man ist, wenn man es dem Schädel entnimmt, geradezu verblüfft ob der Kleinheit. Was hier fehlt, das ist, abgesehen von der geringeren Gesamtausbildung des hinteren und mittleren Abschnitts, vor allem der Stirnlappen. Die Stirnlappen unterscheiden vor allem Mensch und Tier. Das Studium der Gehirnkrankheiten und der damit zusammenhängenden geistigen Störungen läßt vermuten, daß durch die Stirnlappen gerade die Möglichkeit zu den höheren Seelentätigkeiten, zu den Abstraktionen, zur Begriffsbildung gegeben wird. Sie entwickeln sich offenbar erst mit den Sprechfunktionen zusammen. So dürfen wir vermuten, daß die Säuger zu sehr vielen Handlungen, die Erlernen, Erfassen, Behalten erfordern, fähig

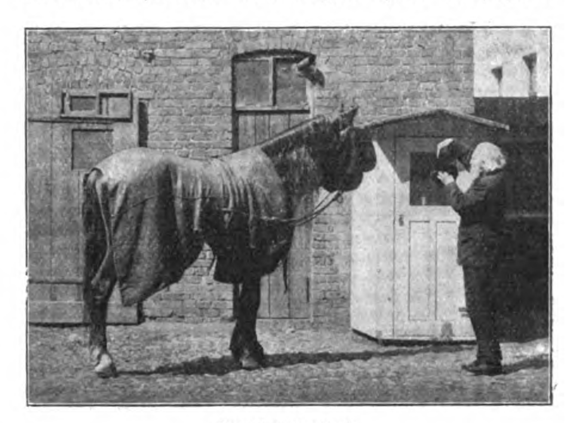


sind, daß sie auch viele dieser Handlungen kombinieren können, daß aber die Fähigkeit zu Verstandesschlüssen und also auch zu allen Handlungen, die auf solchen beruhen, fehlt oder ganz gering ist.

Neuere Untersuchungen, namentlich von Vogt und Brodmann, lassen übrigens vermuten, daß auch das Scheitelhirn, das sich beim Menschen ebenfalls durch Größe auszeichnet, für die höheren seelischen Leistungen von wesentlicher Bedeutung ist. Vogt und Brodmann haben ferner gezeigt, daß das, was den Menschen auszeichnet, die vielfältige Ausbildung der Hirnzentren, die unterm Mikroskop am Zellgewebe erkennbare Unterschiedenheit von Teilorganen ist. Der Mensch hat vielmal mehr Spezialzentren in seinem Gehirn, die nicht niedere Sinnes- oder Bewegungszentren sind. Was beim Tier, selbst beim Menschenaffen, ein gleichartig gebautes Hirnfeld ist, zerfällt beim Menschen wieder in mehrere, als verschieden erkennbare Unterzentren. Im menschlichen Stirnhirn allein sind bis jetzt gegen 70 solche Zentren nachgewiesen; das Tier, auch der Menschenaffe bringt es in demselben Hirngebiete höchstens auf zwölf! Die Gesamtfläche der Sinneszentren, die niederen Leistungen dienen, beträgt gegenüber der Gesamtfläche der großen Hirnrinde überhaupt beim Menschen höchstens 20 Prozent, denen 80 Prozent übergeordnete, höheren Leistungen dienende Hirngebiete gegenüberstehen. Schon bei einem Durchschnittsaffen der geschwänzten Gruppen aus der Alten Welt ist das Verhältnis gerade umgekehrt; so tief steht er schon unter dem Menschen.

Da dem Tiere begriffliches, abstraktes Denken versagt bleibt, fehlt ihm auch diejenige Fähigkeit, die der sicherste Beweis für ein solches Denken ist, die Sprache. Das Tier besitzt zwar gewisse Elemente der Sprache, es erreicht gewisse Vorstufen zur eigentlichen Sprache im menschlichen Sinne dadurch, daß es imstande ist, seine Gemütsbewegungen durch Laute zu äußern und bestenfalls auch gewisse Vorstellungen, die mit Sinneswahrnehmungen und daraus entstehenden Gemütsbewegungen zusammenhängen. Aber zur Sprache im höheren Sinne, zur begrifflichen Sprache mit logisch gegliederter Wort- und Satzform, kommt es nicht aus dem einfachen Grunde, weil das begriffliche Denken fehlt, dessen Ausdruck die Wortsprache ist. Wundt meint daher: Auf die Frage, warum die Tiere nicht sprechen, bleibt die bekannte Antwort: weil sie nichts zu sagen haben, die richtigste. Wenn man so die Sachlage erfaßt, wie sie ist, dann hat es auch nichts Verwunderliches mehr, daß am Kehlkopf, an der Zunge und den andern Organen, die etwa sonst für die sprachliche Lautbildung beim Menschen noch in Betracht kommen, sich nicht die geringste besondere Ausbildung und Einrichtung findet, die auf eine besondere Fähigkeit dieser Organe hindeutet. Die gegliederte Wortsprache ist eben keine Leistung des Kehlkopfes und der Zunge, sondern eine Leistung des menschlichen Gehirns. Hier ist denn auch das Sprachvermögen nachweisbar lokalisiert im sogenannten Sprachzentrum oder Brocaschen Zentrum in der dritten Stirnwindung. Aber nicht nur in diesem, das lediglich dem eigentlichen äußerlichen Sprechen dient; ihm gesellt sich noch als Gegenstück im Schläfenlappen, wahrscheinlich in der ersten Schläfenwindung, das von Wernicke entdeckte zweite Sprachzentrum für das Verstehen. So bleibt auch kein Zweifel, wie wir den Besitz der Sprache beim Menschen und ihr Fehlen beim Tier aufzufassen haben. Es fehlt den Tieren nicht im Kehlkopf, sondern im Gehirn, und diese Sachlage ist eben der beste Beweis dafür, daß es doch einen tiefgreifenden Unterschied zwischen menschlichem und tierischem Geistesleben gibt.

Doch nun zum „klugen Hans" und seinen Geistesgenossen! Das Wunderpferd des Herrn v. Osten wurde nach dem Tode seines ersten Besitzers und Lehrmeisters von Karl Krall in Elberfeld erworben, der, von der wissenschaftlichen Wichtigkeit der Versuche v. Ostens überzeugt, diese nicht nur an diesem einen Tier nachprüfte und erweiterte, sondern dem klugen Hans noch zwei



„Hier oben ist offen".
Der kluge Hans und W. v. Osten.*)

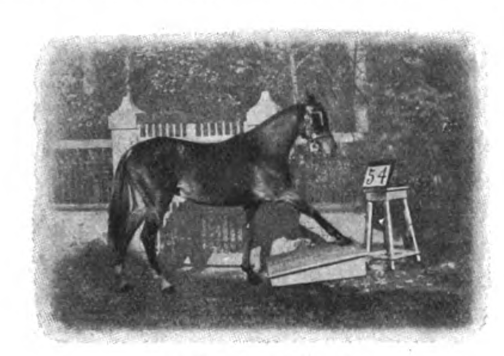
Gefährten, die jungen Araberhengste Muhamed und Zarif, zugesellte, bei denen der Unterricht nicht minder erstaunliche Ergebnisse zeitigte**). Krall hat die Überzeugung erlangt, daß es möglich sei, sich mit den Pferden nach einer gewissen Lehrzeit zu unterhalten, von ihnen auf gesprochene oder auch nur an die Tafel geschriebene Fragen Antworten zu erhalten und gelegentlich sogar selbständige Äußerungen der Tiere zu gewinnen. Dazu sei es nur nötig, den Tieren eine Zeitlang Tag für Tag einige Stunden regelrechten Unterricht zu geben, was vor Herrn v. Osten bisher wohl kaum jemand getan hat.

Mit dem klugen Hans hat Krall u. a. Sinnesprüfungen vorgenommen, indem die Sehschärfe nach Snellens Prinzip bestimmt wurde, nachdem dem Pferde klargemacht worden war, welche Seite an einem E, dessen Erkennbarkeit in verschiedenen Entfernungen geprüft wurde, die „offene" sei. Man zeigte nämlich dem Tiere einfach, daß an einer Mütze dort „offen" sei, wo man die Hand hineinstecken kann. Hierauf konnte Hans sofort die Frage richtig beantworten, wo

*) Aus: Karl Krall, Denkende Tiere.

**) Denkende Tiere. Der kluge Hans und meine Pferde Muhamed und Zarif. Von Karl Krall, Leipzig, Engelmann, 1912.

am E offen sei. Diese Antwort erfolgte durch Kopfbewegungen (oben, unten, rechts, links) oder, wenn das E nicht mehr erkennbar war, durch die kopfschüttelnde Neinbewegung. Die Sehschärfe des Pferdes ist nach diesen Versuchen die $2^1/_2$fache des normalsichtigen Menschen und entspricht damit der bei Seeleuten oder Naturvölkern festgestellten Höchstleistung des Menschenauges. In ähnlicher Weise wurden verschiedene andere Punkte geprüft, die Weitsichtigkeit mittelst der Punktkarte, der Umfang des Gesichtsfeldes, der Farbensinn, mittelst dessen das Tier feinere Nuancen unterschied als der Mensch, und der Formensinn. Von optischen Täuschungen, denen der Mensch unterworfen ist, scheint das Pferd frei zu sein. Gehör- und Geruchssinn sind vorzüglich: letzteres wurde festge-



Zarif vor dem Zählbrett.*)

stellt, indem man dem Tiere verschiedene Gerüche vorhielt (Ammoniak, Mirban, Jodoform, Essigäther u. a.) und auf die Frage, der wievielte in der Reihe dieser oder jener Stoff sei, die richtige Antwort erhielt. Geschmackversuche wurden in der Weise angestellt, daß Hans angeben mußte, was er zuerst haben wolle. Er wünschte von den vorgelegten Leckerbissen zuerst Mohrrüben, dann Kirschen, dann Kraut usw., und gab das Gewünschte an, indem er an einer Tafel den geschriebenen Namen und eine neben diesem stehende Zahl *las* und letztere mit dem Hufschlag angab. (Letzteres ließe sich z. B. sehr wohl so erklären, daß dem Tiere bei den Unterrichtsexperimenten klar geworden war, daß nach Angabe einer Anzahl Hufschläge das Füttern mit einem Leckerbissen erfolgte; es schlug nun und erhielt den mit der Zahl bezeichneten Bissen, wobei die Ansicht, daß es der bevorzugte Leckerbissen sei, nur im Kopfe des Menschen bestand. Es ist doch wohl höchst unwahrscheinlich, daß das Tier ein halbes Dutzend Futtermittel nach dem Wohlgeschmack in eine bestimmte Reihenfolge bringt, wenn es immerhin auch einem darunter den Vorzug vor den andern gibt.)

Noch unwahrscheinlicher klingen die Resultate der *Verstandesprüfungen*. Spielend leicht scheint es geworden zu sein, Pferden den Unterschied zwischen Tat- und Leideform des Verbs klarzumachen. Die (nebenbei gesagt für das Tier, falls es Verstand hätte, geradezu irreführende) Frage: „Kann die Bank sagen: Ich werde gesehen?" wurde mit Ja beantwortet, die Frage: „Wirst du von der Bank gesehen?" mit Nein. Das Pferd vermag gelesene Befehle (mit gewöhnlicher Schrift an die Tafel geschrieben) so gut auszuführen wie gesprochene, was auf bloßer mechanischer Einübung beruhen kann. Nachdem ihm ein rechter, ein spitzer und ein stumpfer Winkel gezeigt war, wußte es auch gleich die bezüglichen Dreiecke zu unterscheiden. Während in vielen Fällen die Antworten nach Wunsch ausfielen, waren sie in andern dauernd falsch. So kam es vor, daß *einem* Frager ständig die richtige, einem andern ebenso konsequent die falsche Antwort gegeben wurde (dies scheint mir besonders darauf hinzudeuten, daß bei den Beantwortungen gewisse dem Frager selbst unbewußte Hilfen in der Betonung der Frage oder Bewegungen bei der Fragestellung vorhanden sind, nicht etwa Trotz, Laune oder mangelnde Stimmung auf Seiten des Pferdes).

Ähnliche Erfahrungen machte *Krall* mit den beiden neuen Schülern, Muhamed und Zarif. Diese Tiere wurden z. B. gelehrt, zweistellige Zahlen in der Weise anzugeben, daß sie die Zehner mit dem linken und die Einer mit dem rechten Fuße schlagen. Das Buchstabieren wurde ihnen dadurch erleichtert, daß jeder Buchstabe durch einige Hufschläge links und einige rechts gegeben wird, so daß Z nicht 24 Hufschläge erfordert, sondern viel weniger. Es werden erstaunliche Leistungen berichtet. Da den Tieren das Buchstabieren vorgeschriebener Worte unter voller Namensnennung der Buchstaben (also ce, ka, em, er usw.) und nicht durch Lautieren beigebracht war, so verfielen sie bald auf eine eigene Orthographie, indem z. B. der Buchstabe k für sie oft gleichbedeutend ist mit „ka" oder der Buchstabe g mit der Silbe „ge". Kappe kann daher geschrieben werden „kp". Merkwürdig, daß zur Zeit der Buchstabiermethode menschliche Schüler nie auf diesem Wege zu einer neuen Art Kurzschrift gekommen sind! Höchst erstaunlich sind die Rechenleistungen. Im Kopfrechnen sollen sie bis in die schwierigeren Rechnungsarten des Potenzierens und Radizierens mehr leisten als der Mensch. Gelegentlich äußerten sie ganz aus sich selbst dies oder jenes, z. B. daß eine bestimmte Zahl, die sie eben genannt hatten, die Telephonnummer ihres Herrn sei, oder daß der Pferdepfleger sie schlecht behandelt habe. Den Namen ihres Herrn und anderer öfter kommender Personen kennen sie ganz genau; einer der letzteren hatte von ihnen den Spitznamen „Pao" erhalten. Einer der Witze, die sie gelegentlich machen, bestand darin, daß dem Herrn „Pao" auf seine Frage, was er tun solle, geantwortet wurde: Pao or heb (Pao Ohr heben, d. h. er solle die Ohren spitzen).

Dr. V. *Franz* schildert die Erlebnisse eines Besuchs, den er mit einigen Herren (Pferdekennern, Zoologen und Psychologen) in Elberfeld machte, um die klugen Pferde zu besichtigen*). Sie hatten einen sehr schlechten Tag, doch hegt Dr. Franz nicht den mindesten Zweifel, daß sie zu andern

*) Aus: Karl Krall, Denkende Tiere.

*) Die Umschau 1912, Nr. 15, der auch die vorher geschilderten Beispiele nach Dr. Franz entnommen sind.

Zeiten besser geantwortet haben und daß die Angaben und Protokolle in Kralls Buche genau stimmen. Die Besucher erlebten etwa folgendes:

Dem Muhamed wurde eine leichte Rechenaufgabe an die Tafel geschrieben, oder es wurden ihm einige Ziffern in verschiedener Farbe hingestellt mit dem Befehl, z. B. die gelbe und die grüne zu multiplizieren. Nach einer Reihe von falschen Antworten wurde uns gesagt, die Aufgabe sei wohl für das Tier zu — leicht, es finde kein Interesse daran. An die Tafel wurde ein Bruch geschrieben, im Zähler standen zwei miteinander zu multiplizierende Wurzeln, im Nenner wieder eine Wurzel. Sofort erfolgte die richtige Antwort, während die Zuschauer noch Mühe hatten, das Resultat auszurechnen. Im weiteren Verlauf der Vorführung kam es wiederum zu vielen falschen Antworten, jedoch hatten wir Gelegenheit zu sehen, daß richtige Antworten erfolgten, wenn dem Pferde vorher Prügel verabreicht waren. Dann wurde es, wie immer nach richtigen Antworten, durch Leckerbissen belohnt und gefragt: Wo willst du jetzt hingehen? Antwort: „stal gn" (Stall gehen). Was willst du haben? „Hfr hbn" (Hafer haben). Und wie sagt man denn zu den Herren? „adjes". — Auch am folgenden Tage gab es sehr viele falsche Antworten, darunter aber auch dann und wann recht erstaunliche Ergebnisse. So wurde dem einen Pferde ein Bild von einer Frauensperson hingestellt, das es noch nicht gesehen hatte. Als Antwort wurde lauter krauses Zeug buchstabiert, worunter jedoch die Buchstaben ä und m auffallend oft wiederkehrten, und schließlich wurde ans Ende „mätgn" (Mädchen) gehängt. Als Dr. Decker sich vor das Pferd stellte, kam auf die Frage, wer das sei, — das Pferd kannte ihn schon lange — die als richtig zu bezeichnende Antwort „tdgr" (Decker; das Pferd sächselt!). Vor dem Pferde wurde eine Ansichtskarte aufgestellt, die einen Pferdekopf mit einem Hut darstellte. Frage: Was ist das? Antwort: vert (Pferd). Was kannst du mir von dem Pferde Besonderes sagen? Antwort: Hult (Hut). Der wievielte Buchstabe war falsch? Antwort: 3. — Die besten Ergebnisse, Auflösungen von Rechenaufgaben, kamen in der letzten Stunde des zweitägigen Besuchs zustande, nachdem mit Prügeln nicht gespart worden war. Wiederholt wurde den Besuchern das Bedauern darüber ausgedrückt, daß man zu dieser äußersten Maßregel greifen müsse und daß die Tiere so schlecht aufgelegt seien.

Interessant ist es nun zu hören, wie Dr. Franz über den Fall urteilt. Unsere Beobachtungen, sagt er, reichten nicht aus, um etwas Entscheidendes zu der Frage, wie diese Leistungen zustande kommen, zu sagen. Alle Teilnehmer sind in ihrem Urteil zurückhaltend, bis auf einen, der meint, die Tiere reagierten höchstwahrscheinlich auf Zeichen im Sinne der Zeichenhypothese, und dies sei auch oft bemerkbar gewesen. Allerdings hat auch Dr. Franz in manchen Fällen kaum Zweifel gehabt, daß das Tier nach Zeichen sieht, daß es z. B. noch weiter mit dem Hufe geschlagen hätte, wenn jetzt nicht sein Herr sich umgedreht und nach der Mohrrübe gelangt hätte, oder daß es zögernd noch weiterschlug, weil eben kein Zeichen erfolgte. Die Tiere machten den Eindruck geängstigter Schulkinder, welche die Antwort aus der Frage des Lehrers erraten oder aus seinem Gesichte ablesen wollen, womit indessen nicht gesagt ist, daß sie unfähig wären, die Antwort durch eigenes Nachdenken zu finden. Die experimentelle Psychologie fordert mit Recht in ähnlichen Fällen sogenannte unwissentliche Versuche, d. h. Fragen an die Versuchsperson, hier an das Versuchstier, auf welche der Fragende selbst die richtige Antwort nicht kennt. Einige derartige Versuche teilt Krall in seinem Buche mit, außerdem ist darauf hinzuweisen, daß viele von den beantworteten Fragestellungen den Charakter unwissentlicher Versuche haben, weil ja die Antworten oft überraschend ausfielen und man übrigens bei der eigenen Orthographie der Pferde die Schreibweise eines Wortes niemals genau voraussehen kann. Dagegen kann die Kritik wieder einwenden, daß eben infolge dieser Schreibweise manche geschriebenen Pferdeworte vieldeutig sind und dem Beobachter die Möglichkeit lassen, die gewünschte Antwort hineinzulesen.

So hat denn weder die Lektüre des Krallschen Buches noch der kurze Besuch in Elberfeld Dr. Franz zu der ganz bestimmten Überzeugung führen können, daß Krall im Rechte ist, wenn er von „denkenden Tieren" spricht in dem Sinne, daß man sich mit den Pferden unterhalten, aus ihnen selbst kommende Äußerungen von ihnen gewinnen und die Fähigkeit zur Begriffsbildung bei ihnen feststellen könne. Anderseits warnt er vor voreiliger Skepsis. Die mehrjährigen Versuche haben zweifellos festgestellt, daß solche Leistungen, wie wir sie vom klugen Hans kennen lernten, mit jedem nicht zu alten Pferde erzielt werden können. Ferner erscheint ihm die Pfungstsche Zeichenhypothese etwas erschüttert, mindestens insofern sei sie wohl zu eng gefaßt, als sie nur mit optischen Zeichen rechne. Daß indessen Zeichen irgend welcher Art mitwirken können, hält auch Franz für wahrscheinlich, und es fragt sich nur, inwieweit die Antworten durch „Ablesen" der Zeichen und wie weit sie durch wirkliches Verstehen der Fragen zustande kommen.

Die Warnung vor zu großer Skepsis wird folgendermaßen begründet. Abgesehen davon, daß man einem Gewährsmann wie Krall, der sich jahrelang ungemein viel mit den Pferden abgegeben hat, vielleicht nicht ohne strikte Gegenbeweise widersprechen sollte, könnte man zunächst auf die erhebliche Größe des Großhirns der Pferde hinweisen, die zu den uns bekannten Gehirnleistungen dieser Tiere in keinem rechten Verhältnisse steht. Vor allem aber bedenke man, daß, wenn wirklich das Pferd so „klug" ist, wie v. Osten und Krall meinen, man dies bisher kaum hätte feststellen können, weil ja ein Mittel zur Verständigung mit ihnen fehlte. Krall schließt aus gewissen Beobachtungen, daß die Pferde auch untereinander der Unterhaltung pflegen. Wenn dies wahr wäre, wer hätte dies bisher beobachten können, und wer könnte es bestreiten? Jeder von uns, der zum erstenmal zwei Taubstumme in ihrer



Zeichensprache sich unterhalten sieht, möchte es kaum für möglich halten, daß man mit diesen Zeichen mehr als bloße Vorstellungen, nämlich auch Begriffe und Gedankenreihen ausdrücken kann; und doch ist es so. Ähnlich müssen wir auch im Falle der Pferde denken. Zwischen dem Erwiesenen und dem Undenkbaren liegt jederzeit eine große Spanne des Möglichen, und es ist nicht berechtigt, das Mögliche, weil es noch nicht erwiesen sei, als nicht vorhanden anzunehmen. Kurzum, meint Dr. Franz, wir müssen mit der Möglichkeit rechnen, daß Krall in der Erschließung der Tierseele einen guten Schritt vorwärts gekommen ist. Mögen sich recht viele Forscher der Erforschung des Problems widmen.

Diesem Wunsche kommt ein Besuch entgegen, den Dr. Paul Sarasin*) aus Basel den neuerdings noch um ein komisch kleines Shetland-Pony, Hänschen, vermehrten Krallschen Pferden in Elberfeld abgestattet hat. Sarasin erwidert auf die bis zum Überdruß wiederholte Frage, ob denn da kein Trick, kein Betrug mitspiele: daß schon hundert- und aberhundertmal mit der peinlichsten Sorgfalt die Möglichkeit jeder Zeichengebung ausgeschaltet wurde, sowohl der bewußten als auch der unbewußten, daß Herr Krall ihm zum Überfluß wiederholt den Gefallen tat, sich während der Befragung aus dem Unterrichtsraum fortzubegeben, während der Pferdewärter sich umdrehen und dem mit dem Huf die Antwort markierenden Pferde den Rücken zuwenden mußte. Die Hypothese von Pfungst, daß unbewußte Zeichengebung stattfindet, hält Dr. Sarasin für irrig; für Teilnehmer an den Versuchen sei der Nachweis dieses Irrtums sehr leicht. Besonders schlagend spricht dagegen die auffallende Erscheinung, daß die Pferde oft die Ergebniszahl umstellen, also z. B. 57 statt 75 markieren. Wäre nun Zeichengebung, bewußte oder unbewußte, vorhanden, so hätte das Pferd bei den Zehnern vor dem gegebenen Zeichen halt gemacht, bei den Einern aber das Zeichen nicht beobachtet und dennoch eine logisch sinnvolle Zahl markiert. Solche Umstellungen treten nicht selten auf.

Bei den Versuchen, die sich hier aus Raummangel nicht wiedergeben lassen — meistens sind es Rechenaufgaben — gibt es sehr viele falsche Lösungen, die vielfach allerdings verbessert werden, oft aber erst nach zahlreichen Mißerfolgen, so daß man das Gefühl nicht los wird, als käme das richtige Resultat nach vielem Probieren nur zufällig heraus. Oft ist kein richtiges Ergebnis zu erzielen, so daß Krall selbst einmal bemerkt: Man steht vor einem Rätsel, wenn man da hineinschauen könnte! Zu den beiden ersten Versuchsprotokollen äußert sich Dr. Sarasin wie folgt:

Die zweite Versuchsreihe läßt erkennen, daß alle drei Pferde auch bei ganz einfachen Aufgaben versagen; der Grund ist unbekannt. Es ist aber diese Tatsache von besonderem Interesse deshalb, weil sie an sich schon beweist, daß es sich hier nicht um Zirkusdressur handeln kann, denn diese versagt selten. Auch ergibt sich aus dieser zweiten Versuchsreihe, daß bei den Pferden kein inneres Bedürfnis besteht, sich dem Menschen mitzuteilen, sie tun es nur unwillig, auf Belohnung oder Drängen hin, selten zum Vergnügen, aber es ist dabei keine Empfindung von innerer Befreiung: „glückauf, der Mensch versteht mich!“ Das fehlt ganz, aber das Können ist da, es fehlt nur das Bedürfnis, sich zu offenbaren, und es fehlt somit das Leidensgefühl des Taubstummen oder durch Schlagfluß am Sprachorgan Gelähmten. Die Tiere sind zufrieden und glücklich wie Kinder, auch zornig, neidisch, böse und launig wie Kinder, und sie ersehnen keine Besserung ihres Zustandes, der ihnen vollständig genügt. —

Bei einer dritten Versuchsreihe, die auf Kralls Wunsch noch vorgenommen wurde, erschienen die Pferde besser aufgelegt; Zarif zählt, addiert, multipliziert, gibt die Quersumme von 6 Zahlen, beantwortet Fragen und führt Befehle aus, immer mit zahlreichen Irrtümern dazwischen, ebenso Hänschen. Dann folgt Muhamed, dem Aufgaben im Wurzelrechnen gestellt werden. $\sqrt{36} \times \sqrt{49}$ wird erst falsch mit 44, dann richtig mit 42 beantwortet; dagegen addiert er erfolglos die beiden Zahlen. $\sqrt{23409}$, sogleich 53, darauf ein Schlag mit dem rechten Fuß, also richtig 153. $\sqrt[3]{250\,047}$ (Krall geht hinaus, Muhamed schüttelt den Kopf) 53 falsch, fffff 46, f 116, ffff 73 oder 63 (unklar); wiederhole deutlich und klar! 63 (richtig). $\sqrt[4]{10000}$ (Krall nennt die Zahl) falsch 2, dann Nullbewegung mit dem Kopf und 1 mit dem linken Fuß, also richtig 10. $\sqrt[4]{20736}$ sogleich falsch 16, gleich darauf richtig 12. $\sqrt[4]{331\,776}$ falsch 14, falsch 14, falsch 7; mit lauten Worten angefahren, markiert er darauf sogleich mit ganz entschiedenen Hufschlägen richtig 24. $\sqrt[5]{147\,008\,443}$ Krall sagt: Er hat noch nie so etwas Schweres gemacht. Er nennt die Zahl: Fünfte Wurzel aus 147 Millionen 008 Tausend 443, mach das! Es erfolgen sechs falsche Antworten: 22, 24, 32 oder 33, 22, 63, 33. Der Wärter muß die schwere Reitpeitsche holen, führte damit einen heftigen Schlag gegen die Barriere und drang auf das Pferd ein; da bäumte sich der Hengst, drehte sich auf den Hinterfüßen stehend im Kreise und wollte ausbrechen, so daß der Wärter zurücktrat; sogleich aber stellte er sich vor das Brett und mit äußerst entschiedenen, fast zornig gestampften Tritten markierte er richtig 43.

Sollte das Tier bei allen diesen rechnerischen Maßnahmen wirklich wissen, was er soll, und sollte es verstehen, was sein Markieren bedeutet? Kann ein Mensch wirklich annehmen, daß ein Pferd die fünfte, auch nur die zweite Potenz radizieren kann? Daß Muhamed die schwierigsten Wurzeln oft so geschwind findet, kann auch Sarasin nicht erklären. Ein Problem liegt wahrlich vor, insofern das Pferd, dessen Hirnorganisation viel niedriger als die des Menschen steht, doch in der Lösung rechnerischer Aufgaben den Durchschnittsmenschen übertrifft, von kulturell niedriger stehenden Menschenstämmen, z. B. den Wedda, nicht zu sprechen. Das Gehirn eines Wedda ist aber viel höher organisiert, quantitativ und qualitativ, als

*) Zool. Anzeiger, Bd. 40 (1912), Nr. 8–9.

das des Pferdes. Ein Problem, sagt Sarasin, liegt vor, und solange dieses vorliegt, so lange wird auch der Erkenntnisdrang des Forschers nicht zur Ruhe kommen, bis es gelingt, die Erscheinung den bekannten Naturerscheinungen einzuordnen oder als neue Naturerscheinung dem bisherigen Schatze der Erfahrungen anzureihen.

Mit zwei andern Beobachtern, Prof. Dr. H. Kraemer und Prof. Dr. H. E. Ziegler faßt Dr. Sarasin das Ergebnis ihrer Beobachtungen in folgenden Sätzen zusammen:

1. Es steht fest, daß die Tiere Zahlen und Zahlwörter (deutsch oder französisch, phonetisch geschrieben) von der Tafel ablesen und mit diesen Zahlen die mündlich oder schriftlich angegebenen Rechenoperationen ausführen.

2. Es steht fest, daß diejenigen Pferde, die erst einige Monate unterrichtet sind, verhältnismäßig einfache Rechnungen richtig ausführen, schwierigere Aufgaben aber nicht lösen können.

3. Es steht fest, daß länger unterrichtete Pferde — Muhamed und Zarif — auch für schwierigere Rechnungen die richtige Lösung angeben. Dabei läßt sich ein individueller Unterschied in der Begabung feststellen. Ferner ist zu beachten, daß von den Pferden zuweilen die Lösung selbst ganz leichter Aufgaben verweigert wird. Diese Tatsache hängt augenscheinlich mit dem Stimmungswechsel der Tiere zusammen, der oft auch aus dem sonstigen Verhalten deutlich zu erkennen ist.

4. Es steht fest, daß die Pferde sowohl Zahlwörter als auch Namen und anderes mehr mittels der Tabelle in Buchstaben auszudrücken vermögen, auch solche, die sie vorher nicht gehört haben. Die Schreibweise richtet sich nach dem Klang des Wortes und ist oft eine unerwartete.

5. Es steht fest, daß die Pferde zuweilen von sich aus verständliche Äußerungen nach der Buchstabentabelle hervorbringen.

6. Es steht fest, daß bei allen diesen Leistungen der Pferde Zeichengebung nicht in Betracht kommt. Es geht dies sowohl aus der Art vieler Antworten hervor als auch daraus, daß Versuche (auch mit schwierigen Rechenaufgaben) selbst dann gelangen, wenn der Pferdepfleger abwesend war und Herr Krall sich außerhalb des Versuchsraumes aufhielt, so daß er von den Pferden nicht gesehen werden konnte. Es wurde auch ein Erfolg in solchen Fällen erreicht, in welchen sämtliche Anwesende sich aus dem Versuchsraum entfernt hatten und den Pferden unsichtbar blieben.

Jedenfalls haben die Versuche v. Ostens und Kralls Fragen aufgeworfen, deren Beantwortung für die Erkenntnis der Tierwelt und unser selbst von noch unberechenbarer Tragweite werden kann und daher versucht werden muß. Es dürfte dabei allerdings wohl von großem Werte sein, solchen Untersuchungen eine erschöpfende morphologische „Inventuraufnahme" des jeweiligen Gehirns zugrunde zu legen. Haben wir auf Grund einer solchen Aufnahme ein Urteil über die geistige Stellung in der Tierreihe gewonnen, so wird auch seine biologische Abschätzung, besonders wenn sie in vergleichender Weise erfolgt, die wertvollsten Resultate ergeben. Für die psychologische Würdigung wäre nach den beiden Gehirnforschern Jakob und Onelli*) der folgende Fragebogen zu beantworten:

1. Welches ist die Lebensweise des Tieres?

2. Welche Sinnesfunktionen dominieren?

3. Wie ist sein Muskelapparat entwickelt?

4. Dauer und Verlauf seiner Entwicklungsperiode.

5. Betätigung des Spieltriebes (Jugend-, Liebes-, Kampfspiele).

6. Wie bereitet es sein Lager?

7. Wie beschafft es seine Nahrung und wie bewahrt es sie auf?

8. Welche Verteidigungsmittel entwickelt es gegen seine Feinde?

9. Wie sind seine sozialen Verbände organisiert?

10. Wie ist sein Liebesleben?

11. Verhalten gegen Gattungsgenossen und gegen andere Tiere.

12. Verhalten zum Menschen, seine Zähmung.

13. Mimisches und lautliches Äußerungs- und Auffassungsvermögen; Zahlenverständnis.

14. Gedächtnis für Geruchs-, Gesichts-, Gehörseindrücke, für Ort und Zeit.

15. Moralische Eigenschaften (Kindesliebe, Gattentreue, Liebe zum Herrn, zum Heim, zu Gespielen usw.).

16. Wie verhält es sich im Affekt?

17. Welches ist der Grad seiner Lernfähigkeit?

18. Besondere Charaktereigenschaften, Intelligenzgrad, Traumleben, Geisteskrankheiten.

19. Psychologie seines Fühlens und Handelns.

20. Ausbildung seines Persönlichkeitsgefühls u. a. m.

Die genannten beiden Forscher behalten sich eine eingehende Untersuchung aller dieser Fragen, soweit sie eben zurzeit überhaupt beantwortet werden können, für den zweiten (Text-) Band ihres Werkes vor, auf den hier schon aufmerksam gemacht sei. Das obige Schema ist hier trotzdem schon mitgeteilt, da es sicher manchem Tierfreunde Vergnügen bereiten wird, an seiner Hand die geistigen Qualitäten seines Lieblings zu prüfen und eine kleine Charakteristik seines seelischen Daseins aufzustellen. Vielleicht findet sich sogar Gelegenheit, einmal etwas derartiges in diesen Blättern zu veröffentlichen.

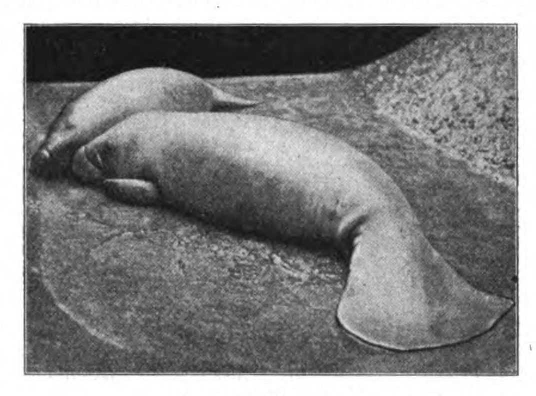
Von den Stimmen, die sich gelegentlich des immer noch fortdauernden Streites über die Verstandestätigkeit der Pferde erhoben haben, mögen hier zum Schluß noch zwei angeführt werden. Prof. H. Dexler, Direktor des tierärztlichen Instituts der deutschen Universität in Prag, also sozusagen eine Autorität auf diesem Gebiete, geht den „Zirkustricks im wissenschaftlichem Gewande" mit ingrimmigen Worten zu Leibe. „Mit dem Buche Kralls — schreibt er — ist wieder ein böser Fleck in die Literatur unseres Zeitalters hineingetragen worden. In der Stickluft von Humbug und Selbstbetrug geboren, ist es dem Kult der Dummheit als Denkmal geweiht worden. Ohne

*) Vom Tierhirn zum Menschenhirn. I. Teil. München 1911. Siehe das Referat in dem Abschnitt „Der Mensch", Jahrb. 1913, S. 230.



Ahnung einer erkenntniskritischen Schulung, ja, ohne überhaupt naturwissenschaftlich etwas Rechtes gelernt zu haben, glaubt heute jeder von engem Spezialwissen nicht beschränkte Snob, wie in der Medizin, auch in der Psychologie Pfadfinder sein zu können."

Gegen diese Auffassung wendet sich Prof. H. E. Ziegler (Stuttgart) mit der auf eigener Beobachtung beruhenden Ansicht, daß Zirkusdressur mit irgendwelchen Tricks ganz ausgeschlossen sei. Wenn die Leistungen der Elberfeldet Pferde auf irgend einem Trick beruhten, so wäre es nicht möglich, daß Personen ohne Kenntnis des Tricks gute Antworten erhalten. Nun hat aber das Pony Hänschen für Ziegler allein mehrere Rechnungen ganz richtig ausgeführt, wobei Krall nicht anwesend und der Wärter anderweitig beschäftigt war. Das Problem der denkenden Pferde erscheint Prof. Ziegler keineswegs abgetan oder erledigt, er sagt ihm vielmehr noch eine große Zukunft voraus. Eine neue Gesellschaft für Tierpsychologie ist zur weiteren Erforschung der geistigen Fähigkeiten der Tiere gegründet.



Phot. Ernst Nissen, Hamburg, 26. Jänner 1913.
Junges Pärchen (vorn Weibchen) von Manatus inunguis Natt. im Hamburger Zoolog. Garten.

Seltene und Seltsame.

Neues über Sirenen, d. h. nicht über die poetischen Fabelgeschöpfe Vater Homers, sondern über die durchaus nicht verlockenden Mitglieder der Säugetierfamilie der Seekühe, teilt Privatdozent Dr. L. Freund mit*). Niemals besonders zahlreich, sind ihre lebenden Gattungen auf zwei zusammengeschmolzen, Manatus und Halicore, nachdem eine dritte, Rhytina (Stellers Seekuh), im Laufe des 18. Jahrhunderts von Robbenschlägern bei Kamschatka ausgerottet ist, was jedenfalls infolge ihrer schon damals ziemlich geringen Zahl und ihres engbegrenzten Verbreitungsbezirks möglich war. Aber auch den beiden andern Gattungen, deren Verbreitungsbezirk ein viel größerer ist, scheint dank der fortschreitenden Kultur das gleiche Schicksal zu drohen. Eine von Dilg veröffentlichte Karte der Sirenenverbreitung zeigt das Aussterben des Manatus auf weiten Strecken der brasilianischen Küste, und Berichte aus Florida stellen dasselbe fest, obgleich hier die Unionsregierung der Vernichtung entgegen zu wirken sucht. Nicht einmal gute Abbildungen sind vorhanden. Außer an der Ostküste Mittel- und Südamerikas lebt der Lamantin (Manatus) an der Westküste Afrikas, während der Dugong (Halicore) an den Küsten des Indischen Ozeans bis nach Australien hin zu finden ist.

Das Leben der zu den Waltieren gehörenden Sirenen vollzieht sich, wie schon frühere Berichte bezeugten, in äußerster Einförmigkeit, was durch die Beobachtungen, die Dr. Freund an einigen gefangenen Tieren machte, bestätigt wird. Die Haltung von Sirenen in der Gefangenschaft ist ein sehr seltenes Vorkommnis und für die Wissenschaft bisher noch die ergiebigste Quelle biologischer Erkenntnis von diesen Tieren gewesen. Der Hamburger Zoologische Garten beherbergt seit dem Sommer 1912 ein Pärchen von Manatus inunguis, ein Weibchen von 134 und ein Männchen von 110 Zentimeter Länge, junge Tiere aus dem Amazonenstrom — die Sirenen gehen vom Meere weit in die Flußmündungen. — Sie werden in einem nicht sehr großen, 60 Zentimeter tiefen, heizbaren Becken mit schrägen Seitenflächen gehalten, dessen Wasser auf 26° C erwärmt wird, welcher Wärme die Tiere auch benötigen. In diesem etwas engen Raume schwimmen die Tiere träge umher, rollen selten um die Längsachse, schweben aber meistens ruhig im Wasser, wobei sie in kurzen Zeitabständen die Schnauzenspitze mit den Nasenöffnungen über den Wasserspiegel erheben und die Atemluft erneuern. Die Atempausen betragen etwa eine Minute. Morgens wird das Wasser abgelassen und Becken und Tiere mit dem Schlauch abgespült, was sie sich ruhig gefallen lassen. Dann bleiben sie etwa eine halbe Stunde beinahe trocken liegen, ohne sich viel zu bewegen. Nach der Füllung des Beckens wird das Futter, bestehend aus Salat oder Kohl und kleinen Brotstücken, in das Wasser geworfen und von den Tieren mit großem Appetit aufgenommen. Mit dem beweglichen Rüssel wird ein Stück nach dem andern unter Wasser gezogen und verschwindet in der Mundöffnung. Das Futter beschäftigt die Tiere den ganzen Nachmittag und die Nacht hindurch, bis am Morgen alles verschwunden ist. Dem Publikum des Gartens fallen die Tiere, die es fast nie zu Gesicht bekommt, kaum auf infolge ihrer einförmigen Lebensweise.

Die Farbe der Gefangenen ist graugrün, am Bauche gelbweiß, die Haut glatt, feingerunzelt, mit vereinzelt stehenden Haaren besetzt. Die Beweglichkeit der wohlentwickelten Schnauze ist nur beim Fressen gut zu sehen. Das Gehör ist auf dem Lande auch erhalten, also nicht nur im Wasser tätig, wie man wohl angenommen hat. Die Bewegung auf trockenem Boden ist nur gering und mühselig. Die Tiere stützen sich dabei auf die schwachen Flossen und auf das Kinn. — Die Beobachtungen an Gefangenen ergeben also kein besonders abwechslungsreiches Bild von diesen hier nur mit vegetativen Funktionen beschäftigten, einer besonderen geistigen Regsamkeit völlig entbehren-

*) Die Naturwissenschaften. 1. Jahrg. 1913, Nr. 11.

den Sirenen. Damit stimmt die relative Kleinheit des Gehirns und seine Furchenarmut überein. Wir erhalten eine zutreffende Vorstellung von der einfachen Lebenstätigkeit dieser überall durch die Kultur zurückgedrängten Säugetierklasse, die der Europäer sonst nur höchst selten zu Gesicht bekommt und überhaupt bald nur in Museen wird betrachten können.

Zu den seltenen Tieren, die lebendig zu sehen den meisten Sterblichen niemals vergönnt ist, gehört u. a. das von H. Johnston vor etwa 13 Jahren in den Urwäldern des Kongostaates entdeckte Okapi, das noch nicht lebend nach Europa gebracht ist. Das Kolonialmuseum in Tervueren bei Brüssel erhielt vor kurzem außer fünf Okapifellen ein vollständiges Skelett und das Fell eines jungen Tieres, das von Wilmet in Wamba vier Wochen lang in der Gefangenschaft beobachtet war. Der Bericht*) dieses Reisenden enthält einige bemerkenswerte Mitteilungen über das seltene Wild, besonders über seine Lebensweise. Verschiedene Umstände erschweren das Studium des Tieres. Erstens ist das Okapi selten und so scheu, daß es bewohnte Gegenden meidet. Ferner sind die Eingeborenen selbst auf das Fell des Tieres sehr erpicht, das sie zu Gürteln, Messerscheiden und Schmucksachen, Abzeichen der Häuptlinge, verarbeiten. Einige Stämme betrachten das Tier sogar als „tabu", d. h. nur die Häuptlinge dürfen es berühren, davon essen und sich mit dem Felle schmücken. Für die Eingeborenen gilt ein Fell 60 bis 80 Mark, in Europa wird ein schöner Okapibalg auf mehr als 5000, ja auf 8000 Mark geschätzt. Nur die Mambuti-Zwerge sehen die lebendigen Okapis und töten sie.

Das Tier findet sich nie in der Ebene, auch nicht im sumpfigen Walde, sondern es lebt in den Bergwäldern. Seine sammetweiche Behaarung ist schwarz und weiß oder braun und weiß. Es hält sich sehr sauber, reinigt sich durch Lecken wie die Katze und weicht dem Kote mit seinen weißen Füßen aus. Die großen und sehr beweglichen Ohren deuten auf ein feines Gehör; auch der Geruch ist gut entwickelt. Angegriffen verteidigt es sich durch kräftiges Ausschlagen mit den Hinterbeinen. Erwachsen erreicht es die Größe eines Pferdes. Die Männchen haben auf der Stirn sehr kleine Knochenzapfen, die Weibchen nicht. Das Okapi wandert und frißt bei Nacht, seine Nahrung besteht aus dem Laub von Bäumen und Sträuchern; besonders gern frißt es die jungen Sprossen, während es Gras und Kräuter verschmäht. Um zu trinken, muß es die Vorderbeine wegen der Höhe des Vorderkörpers weit auseinanderstellen. In alledem gleicht es der Giraffe, mit der es auch den Paßgang gemein hat. Es flieht das helle Licht und scheint davon geblendet zu werden; bei Tage schläft es, gewöhnlich stehend; wenn es sich hinlegt, stützt es den Kopf auf einen dicken Ast, einen Baumstamm oder dergleichen. Das Okapi lebt nicht in Herden, sondern einzeln. Nur zur Paarung, die in der Regenzeit erfolgt, vereinigen sich die Geschlechter; daher behaupten die Eingeborenen, daß, wenn sie ein Weibchen fangen, ihnen auch das Männchen in die Hände falle.

Das von Wilmet beobachtete junge Okapi war von kautschuksammelnden Eingeborenen in Begleitung des Muttertieres getroffen worden; doch hatten sie nur das Junge fangen können. Es besaß die Größe eines Füllens und wurde vier Tage lang auf den Armen bis zur Station getragen, wobei es jede Nahrung zurückwies. Sehr ermattet kam es daher in Wamba an, erholte sich aber und lebte fast einen Monat lang in einem 5000 Quadratmeter großen Gehege, das im Walde hergestellt war, um ihm die Freiheit vorzutäuschen. Milchziegen dienten ihm als Ammen; auch erhielt es verdünnte kondensierte Milch mit etwas Reis. Blätter verschmähte es außer den jungen Sprossen des Mangobaumes, nach denen es sehr lüstern war. Allmählich wurde es sehr zahm, kam herbei, wenn man es beim Namen rief, und kannte seine Pfleger, denen es sogar die Hände leckte, sehr gut. So wuchs die Hoffnung, es lebend nach Europa zu bringen, bis es am 24. Tage seiner Gefangenschaft ohne erkennbare Ursache jede Nahrung zurückwies und drei Tage später verendete.

Bekanntlich wurde bald nach der Entdeckung des Okapi die Vermutung aufgestellt, daß dieses Tier das dem altägyptischen Gotte Seth geheiligte Wesen sei, eine Vermutung, die bei Betrachtung des Tierhauptes der Sethstatuen sehr an Wahrscheinlichkeit zu gewinnen schien (s. Jahrb. II, S. 232, wo auch eine Abbildung des Sethhauptes). Gegen diese Annahme hat sich neuerdings mehrfach*) Prof. Dr. Georg Schweinfurth, der gründliche Kenner des ägyptischen Altertums und des afrikanischen Tierlebens, gewendet. Die heiligen oder den verschiedenen Göttern geheiligten Tiergestalten sind, gerade mit der einzigen Ausnahme des Gottes Seth, des in den ältesten Urkunden bereits erwähnten Schutzherrn von Oberägypten, deutlich genug und meist sogar in voller Naturwahrheit dargestellt worden. Von Katze, Löwe, Wolf, Hund, Widder, Kuh, Pavian, Nilpferd, Krokodil, Falke, Geier und Ibis sind in jedem Falle die den Götterbildern aufgesetzten Kopfsymbole deutlich erkennbar.

Wenn das Bild des Seth in verschiedenen Epochen eine große Mannigfaltigkeit einander widersprechender Darstellungen aufweist, so scheint doch dieser Umstand dafür Zeugnis abzulegen, daß es sich bei seinem Urbild um eine ausgestorbene, während geschichtlicher Zeit im Lande nicht mehr vorhanden gewesene Tierart handle. Zur Erklärung haben die Ägyptologen schon die verschiedensten Geschöpfe herangezogen, man hat an Esel und Hase, an Giraffe und den Rüsselfisch des Nils gedacht und sogar, wie wir wissen, das Okapi in Vorschlag gebracht, was schon infolge der weiten Entfernung Ägyptens vom Kongourwalde von

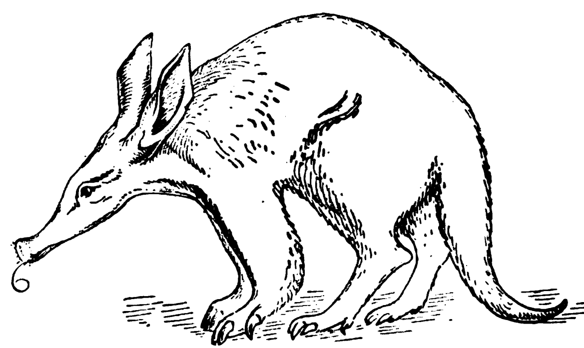
*) Die Umschau 1913, Nr. 32, nach Compt. rend. 1913, p. 2006.

*) Die Umschau 1913, Nr. 38; Berl. Tagebl. 1913, Nr. 415.



Prof. Schweinfurth zurückgewiesen wird. Ja sogar mit einem kombinierten Fabeltier hat man sich zu helfen gesucht, was aber schon aus dem einfachen Grunde nicht stichhaltig ist, weil die heiligen Göttertiere, als Darstellungen der Inkarnationen der Götter, wirklich existierende Wesen und keine Phantasiegebilde gewesen sein müssen.

Nun zeigen alle Bilder des Seth zwei in die Augen fallende Merkmale: eine lange, oft einem Vogelschnabel vergleichbare Schnauze, aber alsdann mit den Nasenlöchern an der Spitze, und die aufgerichteten langen und am Ende breiten Ohren. Ein drittes Merkmal, der an der Wurzel dicke, pfriemenförmig auslaufende Schwanz, kommt nur bei den in ganzer Tierfigur dargestellten Bildern zum Vorschein. Diese drei Merkmale vereint finden sich nur bei einer einzigen Tierart der nilotischen Fauna wieder — und das ist der afrikanische Ameisenbär, das Erdferkel des Sudan (Orycteropus).



Orycteropus aethiopicus, „Das Erdferkel des Sudan".

In nur wenig voneinander verschiedenen Abarten ist das Erdferkel über das ganze tropische Afrika verbreitet und noch heutigen Tages im südlichen Nubien einheimisch; seine Verbreitung nach Norden wird so weit reichen, wie die ihre großen Tonbauten aufführenden Termiten, von denen sich das nächtliche Tier mit Vorliebe nährt, vorkommen. Da nun die Ägypter des alten und des mittleren Reichs erwiesenermaßen Kenntnis hatten von Giraffen, Elefanten, verschiedenen Antilopen und anderen Tieren, die heute auf den Süden beschränkt sind, so dürfte anzunehmen sein, daß damals noch der Ameisenbär innerhalb der Grenzen des eigentlichen Ägyptens anzutreffen gewesen sei, daß aber seine Beziehungen zum Gotte Seth allmählich immer unklarer und verworrener wurden. Auch damals wie heute mag das nächtliche Tier nur wenigen Jägern bekannt gewesen sein.

Daß es den alten Ägyptern bekannt war, bezeugen die unter den Grabbeigaben entdeckten Figürchen des Erdferkels aus Email nebst einigen anderen Funden. Bereits Jsambert und Chauvet machten in ihrem „Itinéraire d'Egypte" die anscheinend von allen Ägyptologen übersehene Angabe, daß auch der afrikanische Ameisenbär zu den heiligen Tieren der alten Ägypter zu rechnen sei. Sie fügen eigens hinzu, daß er dem Seth geheiligt gewesen sei. Wahrscheinlich ist diese Feststellung auf die Mitwirkung von Alfred Brehm und Theodor Heuglin zurückzuführen, welch letzterer der einzige Reisende gewesen zu sein scheint, der das lebende Erdferkel in der Wildnis beobachtet hat.

Außer dem nordostafrikanischen Erdferkel (Orycteropus aethiopicus), dessen sehr dicke, gelblichbraune Haut fast nackt ist, hat Afrika noch eine zweite Art, das südostafrikanische Schuppentier, das namentlich auf dem Rücken und an den Seiten dichter mit Haaren bedeckt ist (O. afra). Bei beiden Erdferkelarten sind die Backenzähne höchst eigentümlich aus einer Anzahl Säulchen zusammengesetzt. Die über 1·80 Meter lang werdenden Tiere sind ausgezeichnete Graber, die sich selbst in hartem Böden in wenigen Minuten eingraben können und beim Graben mit ihren starken Vorderfüßen große Erdklumpen zwischen den Hinterbeinen hindurchwerfen. Sie sind gut hörende, sehr scheue Geschöpfe, die sich beim leichtesten Geräusch mit beträchtlicher Geschwindigkeit in ihre in der Nachbarschaft von Termitenhügeln gelegenen Baue zurückziehen.

Vom afrikanischen Ameisenbär ist durch erhebliche Merkmale der zu einer anderen Gattung (Myrmecophaga) gehörende amerikanische Ameisenbär*) verschieden. Sonderbarerweise entspricht die beim amerikanischen weit länger gestaltete Schnauze gerade dem Bilde, mit dem die alten Ägypter in übertreibender Darstellung nicht selten den Kopf des Seth zur Darstellung brachten. Das abenteuerlich aussehende Tier wird über 2 Meter lang, allein der mächtig behaarte, wagrecht getragene Schwanz erreicht 1·50 Meter Länge. Es führt wie seine afrikanischen Verwandten ein Nachtleben, ist aber weniger auf das Graben als auf das Aufreißen der Ameisen- und Termitenbaue eingerichtet, deren Bewohner, seine ausschließliche Nahrung, durch sein Scharren beunruhigt in Massen vor den Öffnungen erscheinen und zu hunderten an der klebrigen Zunge des Ameisenbären hängen bleiben, die blitzartig durch die kleine Mundöffnung vorgestreckt und zurückgezogen wird. Sein Lager ist meist ein zwischen hohem Grase gelegenes Versteck. Merkwürdig ist seine Gangart, für gewöhnlich eine Art Trab, die bei Verfolgung in einen langsamen, unbeholfenen Galopp übergeht. Das Tier setzt die Hinterbeine mit den Sohlen auf; dagegen werden die Zehen der Vorderbeine, unter denen namentlich die dritte sehr stark bekrallt, die fünfte aber krallenlos ist, beim Gehen so umgebogen, daß die Oberfläche der dritten und vierten und eine Schwiele am Ende der fünften Zehe den Boden berühren. Das sonst sehr friedfertige Tier wird von den Negern und Eingeborenen Südamerikas stark verfolgt, gerät bei harter Bedrängnis in große Wut, sucht seine Feinde dann mit seinen überaus kräftigen Vorderbeinen zu umarmen und soll sich selbst gegen den Jaguar zur Wehr setzen.

Ganz wehrlos gegen ihre Feinde, Giftschlangen und Raubtiere, erscheinen die gleichfalls in den

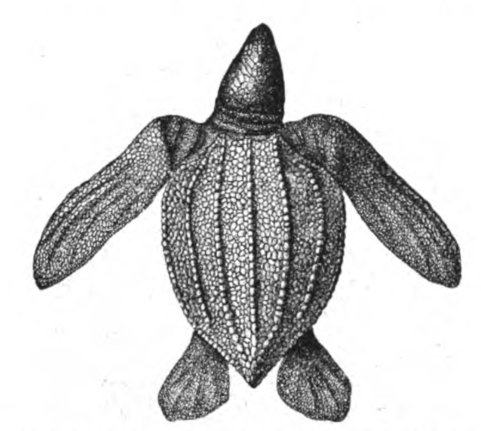
*) Siehe Umschlagbild.

südamerikanischen Urwäldern lebenden Faultiere, ausgesprochene Baumbewohner, die mit Hilfe ihrer zwei- bis dreizehigen starkbekrallten Füße, den Rücken abwärts, an den Ästen und Zweigen der Laubbäume wandeln und kaum je auf den Boden herabsteigen. Auch sie führen wie die Ameisenbären, ihre nächsten Verwandten, ein nächtliches Dasein. Am Tage sind sie leicht zu übersehen, denn ihr Körper ist an Rumpf und Gliedern überall mit langen, groben, etwas brüchigen Haaren von bräunlicher oder trüb aschgrauer, grün angeflogener Färbung bekleidet und ähnelt mehr einem mit langen Baumflechten bedeckten knorrigen Aste als einem Tiere. Diese den langsamen Geschöpfen vielleicht als Bergungsmittel zugute kommende Tracht verdanken die Faultiere zum Teil der rauhen Oberfläche ihrer Haare, auf der sich, wie auf der Baumrinde, grüne Algen ansiedeln, ein Gewächs, das in der feuchten Luft des Urwaldes zu üppigem Wachstum gedeiht. Wir haben hier also den wohl einzigen Fall der Symbiose eines Säugetiers mit einer niederen Pflanze, die natürlich verdorrt, wenn wir das Tier aus seiner Heimat in unsere zoologischen Gärten überführen.

Man unterscheidet nach der Zahl der Zehen an den Vorderfüßen — die Hinterfüße haben immer drei — das zweizehige Unau (Choloepus) und das dreizehige Aï (Bradypus). Jede dieser Gattungen hat ihre bestimmten Algenarten: auf dem Aï sind die grüne Trichophilus Welckeri und die blaue Cyanoderma bradypi angesiedelt, während der Unau eine andere Art von Trichophilus (Haarfreund) und die Cyanoderma choloepi trägt. Es wäre interessant zu erfahren, ob sich das Vorkommen dieser Algen auf den Pelz der Faultiere beschränkt, oder ob es sich nur um regelmäßiges Übersiedeln von Baumalgen auf die Haare der Tiere handelt.

Daß die Urwälder Brasiliens, die Hyläa, gerade wie die großen afrikanischen Tropenwaldungen noch manche unentdeckte zoologische Merkwürdigkeit bergen mögen, lassen die Berichte der Brasilianer über das gewaltige, von ihnen als „Minhocao" bezeichnete Lebewesen vermuten, hinter dem einige Naturforscher ein riesiges Reptil, andere ein gigantisches Gürteltier von unterirdischer Lebensweise, ein Überbleibsel aus früheren Erdepochen, vermuten. Besser beglaubigt scheint ein auf der kleinen hinterindischen Insel Komodo (zwischen Flores und Sumbawa) entdecktes Riesentier, eine Waran-Art, zu sein, eine Eidechse von gewaltiger Größe. Die aus fleischfressenden Land- und Wassertieren bestehende Gattung der Warane enthält nächst der Ordnung der Krokodile die größten heute lebenden Kriechtiere, die größten Echsen der Gegenwart. Sie sind über Afrika, Südchina, den malaiischen Archipel und Australien verbreitet. Der indische Bindenwaran kann eine Körperlänge von 1 Meter und darüber und eine noch bedeutendere Schwanzlänge erreichen. Die neuentdeckte Form hat nach ihrer Heimat den Namen Varanus komodensis erhalten. Das erste Exemplar erschien auch nicht größer als der Bindenwaran, dann aber wurde ein zweites von 4 Meter Länge erlegt, und weitere Nachforschungen ergaben, daß auf der Insel noch Warane von 6 bis 7 Meter Länge hausen sollen, was aber wohl sicher übertrieben ist; erreicht doch das Riesenkrokodil Asiens und das Nilkrokodil selten mehr als 5 Meter Länge. Von dem Waran Nordaustraliens, der bisher den Namen Riesenwaran führte, unterscheidet sich die neue Art durch eine weniger spitze, braungefärbte Schnauze und kürzeren Schwanz. Das Knochengerüst der Komodo-Art gleicht dem eines Waran, der früher in Australien gelebt hat, jetzt aber ausgestorben ist. Wenn die neue Art auf Komodo beschränkt ist, dürfte ihr Schicksal bald das gleiche sein.

Die Lederschildkröte, eine aussterbende Tierform, schildert Prof. Dr. L. Kathariner*) als eines der interessantesten Tiere der Gegenwart. Schon in der dritten Auflage von Brehms Tierleben (1892) heißt es von ihr, daß sie von Jahr zu Jahr seltener werde; auch ist sie nur in wenigen Sammlungen zu finden. Gute Abbildungen von ihr sind ebenfalls recht selten.



Dermochelys coriacea. Jugendliches Exemplar. Küste von Kamerun.**)

Dermochelys coriacea L. gehört zu den größten Reptilien, ja zu den größten Tieren der Gegenwart überhaupt. Erreicht sie doch eine Gesamtlänge von fast 2 Meter und ein Gewicht von 500 bis 600 Kilogramm. Sie lebt in allen Meeren zwischen den Wendekreisen, im westatlantischen Ozean von Florida bis Brasilien und im Indischen Meer. Auch an der Küste Madagaskars, im Roten Meer und an den atlantischen Küsten Europas ist sie gefunden worden, ebenso vereinzelt im Mittelmeer. Am 1. Februar 1862 wurde eine Lederschildkröte an der Westküste von Hinterindien bei Tenasserim in der Nähe der Mündung des Yéflusses erspäht und nach verzweifeltem Kampfe überwältigt. Sechs Fischer wurden von dem Tiere den Uferabhang hinabgeschleppt und fast in die See gerissen. Erst nachdem Gefährten zu Hilfe geeilt waren, konnte man das riesige Geschöpf bezwingen und an Tragstangen festbinden. Zehn bis zwölf Mann gehörten dazu, die Last bis in das nahe Dorf zu tragen.

*) Naturwiss. Wochenschrift XII (1913), Nr. 24.

**) Nach: Otto Jaeckel, Die Wirbeltiere. Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin.



Über die Lebensweise des Tieres wissen wir sehr wenig. Vermutlich ist es Fleischfresser und seine Nahrung besteht hauptsächlich aus Fischen, Krebsen und Weichtieren. Ihre Eier legt die Lederschildkröte an sandigen Meeresküsten ab. Nach Erkundigungen des Prinzen von Wied bei seiner Bereisung Brasiliens (1815 bis 1817) soll das Weibchen einmal jährlich in Zwischenräumen von etwa 14 Tagen auf den Legeplätzen erscheinen und jedesmal 18 bis 20 Dutzend Eier zurücklassen. Auch in dem oben erwähnten bei Tenasserim gefangenen Tiere fand man noch über 1000 Eier in allen Entwicklungsstufen vor, obwohl es vorher schon etwa hundert Eier gelegt hatte.

Nach dem Ausschlüpfen gehen die jungen Tiere sofort ins Wasser; da sie trotz der starken Vermehrung so selten sind, muß man wohl annehmen, daß sie in der Mehrzahl Raubfischen zum Opfer fallen. Die erwachsenen Tiere führen eine pelagische Lebensweise (im offenen Meere), sind sehr scheu und tauchen bei der geringsten Beunruhigung unter. Da man nur alte und sehr wenige ganz kleine Tiere in den Sammlungen hat, mittelgroße dagegen fehlen, so könnte man, meint Gadow, die Art bereits für ausgestorben halten.

Von allen übrigen Schildkröten unterscheidet sich die Lederschildkröte durch das Fehlen eines mit Hautschildern gedeckten Panzers. Rücken- und Bauchschild sind von je fünf längsverlaufenden Leisten überzogen, die bei alten Tieren gesägt sind, bei jungen dagegen aus Längsreihen rundlicher Knoten bestehen. Der flach gewölbte Rückenpanzer ist bei alten Tieren vollständig verknöchert, der Bauchpanzer dagegen nur unvollständig und daher weich und biegsam. Die Knochenplatten liegen in der Lederhaut. Statt sich zu überdecken, stoßen sie nur mit den Rändern aneinander, bilden einen „Mosaikpanzer". Auf der Außenseite zeigt das Schild Hunderte kleiner rundlicher Erhebungen. Die Oberhaut ist bei alten Tieren glatt, während bei den jungen Kopf, Hals und Füße mit Schildchen bedeckt sind.

Das von Prof. Kathariner anatomisch sehr genau untersuchte und beschriebene Tierchen stammt aus einer südamerikanischen Reiseausbeute und hat folgende Maße: Länge des Rückenpanzers mit Schwanz 9 Zentimeter; größte Breite 5·3 Zentimeter; Vordergliedmaße vom Ellbogen bis zur Spitze 5·5 Zentimeter; Kopf und Hals 1·5 Zentimeter. Eine Röntgenaufnahme zeigt die Knochen der Mittelhand und der fünf Finger deutlich voneinander getrennt, ebenso die Fußknochen, wobei der erste und fünfte Finger (Zehe) nur zweigliedrig sind. Bei dem sehr langsamen Wachstum der Schildkröte läßt sich denken, welches Alter Riesen von den oben angegebenen Maßen erreichen müssen.

Nach einer Annahme von Dollo waren die ursprünglichen Schildkröten Küstenbewohner mit vollständigem Knochenpanzer. Von ihnen leiteten sich Hochseeschildkröten ab, bei denen sich der Rückenpanzer vollständig zurückbildete; deren Nachkommen waren abermals Küstenbewohner, die mittelbaren Vorfahren der Dermochelysartigen. Bei ihnen gestaltete sich der Rückenpanzer nun zum Mosaikpanzer der Lederschildkröten; sie gingen mit ihm abermals zur pelagischen Lebensweise über. Dollos Darlegungen werden durch fossile Funde bestätigt.

In der Ostsee (Greifswalder Bodden) wurde vor einiger Zeit ein vier Meter langer Fisch gefangen, den man für einen verirrten Tümmler (Delphinus tursio) hielt. Einzig seiner ungewöhnlichen Länge halber fertigte man eine Photographie des Tieres an, die zufällig in den Besitz des Direktors des Zoologischen Instituts der Universität Breslau, Professor Dr. Kükenthal, kam. Dieser erkannte in dem vermeintlichen Tümmler ein Exemplar des für die deutsche Tierwelt völlig neuen Zahnwals (Mesoplodon bidens), dessen Art vor hundert Jahren erst entdeckt wurde, bisher aber nur in 33 Exemplaren festgestellt werden konnte (W. Haake, das Tierleben der Erde, gibt für die Zeit von 1800 bis 1899 gar nur 18 erbeutete an). Diese Schnabelwalart, nach ihrem Beschreiber später Sowerbys Riemenzahnwal genannt, ist dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Zähne des Unterkiefers seitlich stark zusammengedrückt sind und eine riemenartige Form angenommen haben. Der Kopf wölbt sich von dem fast geraden Schnabel an allmählich und bildet vor dem Atemloche eine ziemlich starke Hervorragung sowie dahinter eine zweite, die sich in die Rückenlinie fortsetzt. Merkwürdig klein ist die Ohröffnung der Art, durch die man nur eine Borste einführen kann. Die bisher gefangenen Riemenzahnwale waren in manchen Fällen oben fast schwarz, in anderen ausgesprochen bläulich, und unten heller.

Aus der heimischen Tierwelt.

Daß es selbst bei unsern bekanntesten einheimischen Tieren immer noch etwas zu entdecken gibt, zeigt eine Arbeit von Prof. Dr. E. Breßlau*) über bisher unbekannte Spürhaare an der Bauchseite der Eichhörnchen. Bekannt sind ja jedem Leser die Spür- und Schnurrhaare des Kopfes, die beinahe alle Säugetiere besitzen. Sie zeichnen sich durch ihre Länge und Stärke, durch ihre besondere Nervenversorgung und durch den Blutreichtum ihres Haarbalgs vor den übrigen Körperhaaren aus. Auch an den Gliedmaßen, besonders an den vorderen, besitzen zahlreiche Säugetiere derartige Spür- oder Sinushaare. Sie dienen als Tastorgane besonderer Art dazu, ihre Träger über das Vorhandensein fester Gegenstände zu unterrichten, die sich in der Nähe des eigenen Körpers befinden, ihn aber nicht berühren.

Wie Prof. Breßlau feststellen konnte, gibt es noch eine dritte Gegend des Körpers, wo solche Bildungen vorkommen können. Dies ist der Fall bei unserem Eichhörnchen, das außer am Kopf und an den Vorderarmen auch an Brust und Bauch echte Spürhaare trägt. Sie finden sich hier, aus zitzenartig vorgewölbten Warzen entspringend, in der Zahl von 4 bis 6 und stimmen mit den übrigen

*) Die Umschau 1913, Nr. 9.

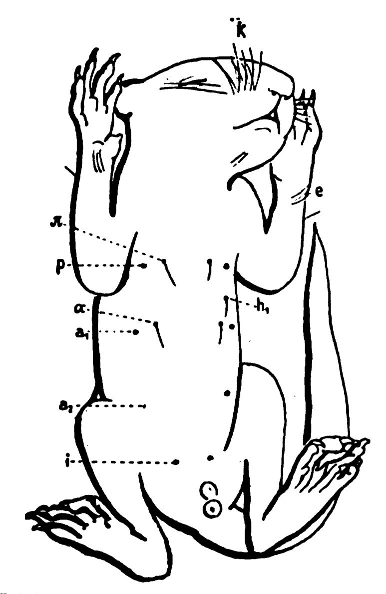
Haaren der Bauchseite in ihrer weißlichen Färbung überein, übertreffen sie aber, im Sommerpelz wenigstens, um 2 bis 3 Zentimeter Länge. Da sie gewöhnlich aufgerichtet, d. h. senkrecht zur Bauchoberfläche gestellt, getragen werden, so sind sie leicht wahrzunehmen, haben sich aber trotzdem der Beobachtung bisher merkwürdigerweise entzogen. Ihrer Funktion nach stehen die Bauchspürhaare im Dienst der kletternden Lebensweise der Eichhörnchen, indem sie ihnen ständig die Berührung mit der schwankenden Unterlage, auf der sie klettern, vermitteln und sie über deren Beschaffenheit orientieren. Durch Untersuchung von Eichhörnchenembryos hat Prof. Breßlau festgestellt, daß die Warzen, auf denen diese Haare stehen, durch Teilung der Milchdrüsenzitzen und Verlagerung je eines Teilstücks von jeder Drüse nach der Bauchgegend hin entstehen. Auch die exotischen Eichhörnchen haben diese Spürhaare, z. T. in noch viel auffälligerem Maße.

Hübsche Beobachtungen aus der Säugetierwelt der engeren Heimat teilt R. Zimmermann*) in Sachsen mit. Er lag im Herbst an einem buschigen Waldrand und beobachtete einen Flug nordischer Drosseln, als dicht vor ihm plötzlich eine Mollmaus (Arvicola amphibius) erschien, um sich an den Eicheln, mit denen der Boden übersät war, gütlich zu tun. Sie bewegte eine Frucht nach der andern, fast als wollte sie alle auf ihre Schmackhaftigkeit hin prüfen, und wollte sich gerade mit einer besonders großen im Maule fortmachen, als gerade auf sie zu ein Fasanenmännchen geschritten kam. Großes Erstaunen beiderseits! Die Maus blieb stehen und starrte zu dem Fasan empor, und auch der machte halt und blickte zu der Eichelliebhaberin hinab. Endlich erholte er sich von dem Erstaunen, duckte sich und ging mit einem ganz eigenartigen, gequetscht hohen Ruf angriffslustig gegen die Maus vor. Anfangs schien es, als ob auch sie ihr Anrecht auf die Eicheln behaupten wollte, sie nahm Kampfstellung ein, besann sich dann aber eines Besseren und ergriff die Flucht, während der Fasan sich die Eicheln wohlschmecken ließ.

Im Oktober 1912 fand Zimmermann in einem Schlehdornbusch das Nest einer Haselmaus mit vier Jungen; die anfangs entwichene Alte, die sich nicht weit entfernte, ließ sich ohne große Mühe greifen und mit den Kleinen im Futteral des Feldstechers unterbringen, wo die vier Kleinen sofort saugend an der Mutter lagen. Leider glückte es nicht, die halbwüchsigen Kleinen zu erhalten, obwohl sie gleich der Mutter sich mit scheinbar gutem Appetit an die dargebotene Nahrung (Apfelschnitte, Sämereien, in Milch eingeweichte Semmel) machten. Sie gingen schon wenige Tage nach dem Fang ein, zwei von ihnen, die nicht sofort aus dem Käfig genommen waren, wurden nachts von der überreichlich mit Futter versehenen Alten angefressen. Es scheint also, als ob auch die Haselmaus tierischer Kost nicht ganz abhold ist.

Das Gewicht der Kleinen schwankte zwischen 4·5 und 5·5 Gramm, während die wohl und munter bleibende Mutter 12·5 Gramm wog.

Von den vier deutschen Vertretern der Flossenfüßer werden drei, der gemeine Seehund, die Ringelrobbe und die Kegelrobbe, für die ärgsten Feinde der Fischerei in der Ostsee gehalten, während die vierte, die Sattelrobbe, zu selten vorkommt, um schaden zu können. Die ersteren werden dadurch, daß sie oft den Fischern Fische aus den Netzen fressen und dabei das Fischgarn zerreißen, so schädlich, daß man nunmehr leider zu dem Entschluß gekommen ist, für das Ostseegebiet möglichst bei allen umliegenden Staaten Fangprämien für Seehunde auszusetzen, spätestens vom 1. Januar 1914 an. Jeder Seehundsfänger



Junges Eichhörnchen. Weibchen. Ansicht von der Bauchseite, 2/3 natürl. Größe, p, a_1, a_2, i Zitzen, π, a, h_1 Sinushaare (am Bauch im ganzen 5), k Spürhaare des Kopfes, e Sinushaare am Vorderarm.

soll verpflichtet werden, gewisse Teile des Tieres einzusenden und die Fangweise näher zu bezeichnen, nämlich ob der Seehund durch Erschießen, Erschlagen, Vergiften, Fang mit einem Seehundsnetz oder mit anderen Fanggeräten erbeutet wurde. — Zur selben Zeit ist angesichts der Gefahr, daß die großen Seesäugetiere sämtlich der Ausrottung anheimfallen möchten, die Pariser Akademie zu dem einstimmigen Beschluß gekommen, die Regierung auf den Ernst der Lage aufmerksam zu machen, damit sie eine internationale Kommission zum Studium der Frage zusammenrufe.

Die Ringversuche im Dienst der Vogelforschung, einerseits hoch gepriesen, anderseits heftig bekämpft, haben nicht nur wichtige Aufschlüsse im Dienst der Vogelzugforschung gegeben, sie helfen auch, wie Dr. Friedr. Knauer*) ausführt, das Problem der Nesttreue mancher Vogelarten lösen. Wenn wir es bisher als ganz selbstverständlich annahmen, daß das Storchpaar, das sich auf dem Horste unseres Hauses einfindet, das Schwalben-

*) Zool. Beobachter 1913, Nr. 10.

*) Zool. Beobachter 1913, Nr. 10.

paar, das das Giebelnest bezieht, dieselben Paare seien, die schon im Vorjahre hier hausten, so ist das nur unbewiesene Vermutung. Den Nachweis, daß es dieselben Individuen sind, kann nur die Markierung erbringen. Einige Beispiele mögen das beleuchten.

An dem früheren Museumshäuschen der Vogelwarte Rossitten hatte sich eine kleine Kolonie Mehlschwalben angesiedelt, von denen Dr. Thienemann im Jahre 1906 elf mit Ringen zeichnete. Später wurden die Nester durch Sturm und Regen weggefegt. 1909 nahm Thienemann die Schwalbenmarkierungen bei einer etwa 100 Meter von jenem Häuschen an einem Stalle angesiedelten Schwalbenkolonie wieder auf. Die erste am 19. Juli eingefangene Schwalbe trug bereits einen Ring, Nr. 711. Nachschlagen im Markierungsjournal ergab, daß sie diesen Ring am 15. Juli 1906 erhalten hatte. Die Schwalbe hatte also diesen Ring drei Jahre getragen, ohne sich in ihrem Brutgeschäfte beirren zu lassen, und ist ihrer Heimat treu geblieben.

Der Verwalter der gräflich Hadikschen Herrschaft im Komitat Zemlén nützte den Umstand, daß auf dem Gute die Rauchschwalbe noch häufig in den Kuhställen brütet, dazu, abends bei Laternenschein junge und alte Rauchschwalben zu markieren. So erhielt im Sommer 1908 je eine alte Schwalbe zweier verschiedener Nester die Ringe 334 und 335. Im nächsten Jahre hatten beide Schwalben ihre alten Nester wieder bezogen, der erste vollkommen sicher gestellte Fall von Nesttreue der Rauchschwalbe. Derselbe eifrige Beobachter hat innerhalb vierer Jahre 840 Rauchschwalben markiert und zahlreiche Beweise von Nesttreue, aber nur einige Fälle von Dauerehe erbracht.

So fing er z. B. in der Nacht des 25. Juli 1910 ein sicheres Rauchschwalbenpaar. Das Weibchen saß auf den Eiern, das Männchen auf dem Nestrande. Das Weibchen zeigte sich mit dem Ring 3551, das Männchen mit Ring 3562 markiert. Die Aufzeichnung ergab nun, daß diese beiden Schwalben ihre Ringe am 5. Mai desselben Jahres erhalten hatten, aber nicht aus demselben Neste stammten. Damals war das Weibchen mit einem Männchen zusammen, das den Ring 3550 erhielt. Das Männchen 3562 aber hatte damals keine Genossin. Hier ist also das Schwalbenpaar 3550/3551 einander nicht einmal für den ganzen Sommer treu geblieben; das Weibchen hat sich noch in demselben Sommer bei der zweiten Brut einem andern Gatten zugesellt (vielleicht weil 3550 gestorben, getötet war?).

Von anderer Seite haben Beringungsversuche den Beweis der Nesttreue und Dauerehe beim Mauersegler geliefert, und zwar seitens Viktors Ritters v. Tschudi zu Schmidhoffen an seiner Villa Tännenhof bei Hallein, und von seiten des cand. phil. A. Gundlach in Neustrelitz. Die Paare hielten zusammen und suchten die alte Baustätte im folgenden Jahre wieder auf.

Wie verwickelt das Problem der Vogelzugstraßen, ja der ganzen Frühling- und Herbstwanderung noch ist, wie unlösbar manche darauf bezügliche Frage trotz der erfreulichen Ergebnisse der Ringversuche noch erscheint, zeigt eine Arbeit von Dr. Wilh. R. Eckardt*) über das Zugstraßenproblem der Wandervögel. Daß die Kenntnis des Weges dem Vogel instinktiv gegeben sei, ist abzulehnen, ebenso die Annahme, daß den jungen Vögeln immer die alten, die den Weg schon öfter zurückgelegt haben und ihn kennen müßten, als Führer dienen; denn die jungen Vögel ziehen häufig vor den alten, auch gibt es Arten, deren Mitglieder einzeln, also ohne Anleitung ziehen.

Die heutigen Zugstraßen der Vögel sind nach Weißmann nichts anderes als die uralten Wege, auf denen sie sich gegen Norden hin ausbreiteten; sie sind nach Palmén von Generation zu Generation vererbt worden, so daß die jetzigen Zugstraßen einer Vogelart über die Entwicklungsgeschichte ihrer geographischen Verbreitung Aufschluß geben könnten. Diese Hypothese kann jedoch nicht für alle Wandervögel gelten, sondern nur für die, bei denen die Alten und die Jungen während des Herbstes zusammen ziehen; nur diese Vogelarten können beim Zuge die alten Ausbreitungswege der Art absichtlich wählen, nur hier können die Jungen sie von den Alten lernen. Geschieht letzteres nicht, so sind die zurückbleibenden Jungen rat- und hülflos, wie Dr. Eckardt das an dem Beispiel der jungen Schwalben im Spätsommer 1905 zeigt, die als zweite Brut noch nicht flügge waren, wie ihre Eltern und älteren Geschwister davonzogen, und nun, obwohl offenbar vom Wandertriebe beseelt, allein den Weg nach Süden nicht finden konnten.

Daß sich der Reiseweg, einmal zurückgelegt, dem Vogel vollkommen eingeprägt hat, und daß gerade die Vogelperspektive für die ihr in erster Reihe angepaßten Wesen die größten Vorteile gewährt, ist wohl anzunehmen. Dazu kommt, daß der Vogel in seiner Heimat, dem Brutgebiet, im allgemeinen trotz seiner Flugtüchtigkeit nur ein verhältnismäßig recht kleines Stück Land kennen lernt, sich ihm also markante Punkte fremder Gegenden auch leicht einprägen werden.

Der Ortssinn, der Vogelzug, wie überhaupt das Wandern und Orientierungsvermögen der Tiere dürfte zweifellos auf natürlichen, geographisch-physikalischen Ursachen beruhen, nicht aber auf geheimnisvollen Instinkten, wie Wander- und Heimatstrieben, die man zur Erklärung oft herangezogen hat. Manche Vögel halten ihre Zugstraßen mit großer Zähigkeit fest, indem sie dabei nach alter Gewohnheit den längst verschwundenen Küstenlinien der vorzeitlichen Kontinente folgen; eine Annahme, die sich mit sehr schönen Beispielen belegen läßt. So überwintern beispielsweise die podolische Lerche und die arktische Weidenlerche im malaiischen Archipel, ihre Brutstätten haben sie von Sibirien über Osteuropa ausgedehnt. Aber obwohl sie ihre Sommerresidenz so weit nach Westen hinausgeschoben haben, kehren sie im Winter doch zu ihren alten Quartieren im malaiischen Archipel zurück, obwohl Afrika so viel

*) Die Naturwissenschaften 1913, Heft 30.

leichter erreichbar und, wie man denken sollte, ebenso passend wäre.

Es ist jedoch auch festgestellt, daß nicht alle Vögel so verfahren; nicht alle nehmen ihren jährlichen Zug längs der ehemaligen Verbreitungswege der Art, wie es denn auch Junge gibt, die zu einer Zeit ziehen, da sich keine Alten im Zuge befinden, die ihnen den Weg zeigen könnten, z. B. die überwiegende Mehrzahl der Jungen mehrerer Sumpfvogelarten. Auch kann es, wie auf Helgoland festgestellt ist, vorkommen, daß ein und derselbe Stamm der Schnepfen, ebenso das einzelne Individuum in verschiedenen Jahren zu ganz verschiedenen Zeiten und auf ganz verschiedenen Wegen zieht. Da hat sich denn herausgestellt daß die Vorstöße der barometrischen Maxima von Norden und Nordosten gegen Mittel- und Südeuropa als die Ursachen für den Beginn des Herbstzuges anzusehen sind, während die Vorstöße des subtropischen Barometermaximums, sei es von den Azoren oder Südosten her, mit ihren Folgeerscheinungen den Beginn des Zuges im Frühling einleiten. Der Herbstzug zerfällt in mehrere Perioden, was von den Vorstößen der barometrischen Maxima abhängt. Eine wechselnde Luftdruckverteilung, die veränderliches Wetter im Gefolge hat, verursacht Unregelmäßigkeiten im Vogelzuge. So sind also die Luftdruckverteilung und ihre nächste Folge, die Winde, die mächtigsten Faktoren beim Verlauf des Vogelzuges. Ja, Dr. Eckardt möchte die Behauptung aufstellen, daß die Winde aus Nord und Süd zu gewisser Zeit, d. h. zur Zugzeit, einen bestimmten physiologischen Reiz auf die Zugvögel ausüben, entsprechend dem Reiz der Monsune auf die Wanderheuschrecke. Auch der Vogel überläßt sich zu gegebener Zeit den Luftströmungen, sie sind der äußere Reiz, auf den die Zugvögel mit ihrer Wanderung antworten, so daß also der Vogelzug weit mehr in das Gebiet des Unbewußten gehört als in das des Bewußten. Warum über so ungeheure Strecken gehende Wanderungen? Vielleicht deshalb, weil der Zugvogel erst dann zur Ruhe kommt, wenn der physiologische Reiz der Winde und des Luftdrucks nicht mehr auf ihn einwirkt. Wenn dem so ist, dürfte ohne weiteres einleuchten, daß der Vogelzug vielleicht lediglich deshalb bei vielen Zugvogelarten auf der Erde räumlich so ausgedehnt ist, weil erst innerhalb des Tropengürtels bezw. zur Zeit des südamerikanischen Sommers in den Ländern dieser Halbkugel andere, d. h. die entgegengesetzten Windverhältnisse herrschen. Schließlich kann jedoch der Zuginstinkt den Vogel auch veranlassen, gegen den Wind zu ziehen. Es wird noch vieler Beobachtungen und Experimente bedürfen, um über die Verhältnisse des Vogelzuges völlige Klarheit zu schaffen.

Verweilen wir zum Schluß dieses Abschnitts noch einen Augenblick bei einem der merkwürdigsten Vertreter der Lurche, dem Adelsberger Grottenolm (Proteus anguinus), der mit zwei anderen, ebenfalls sehr seltenen Arten in Amerika eine eigene Familie bildet. Er ist auf die unterirdischen Gewässer des Karstgebietes beschränkt und bot hinsichtlich seiner Fortpflanzungsverhältnisse lange ein Rätsel, das jetzt nach Dr. Fr. Knauer*) als gelöst zu betrachten ist. Es handelt sich um die Frage, ob der Grottenolm lebende Junge zur Welt bringe oder sich durch Eier fortpflanze; beides ist beobachtet worden, normal aber ist das erstere. Die Fortpflanzungsform ist, wie Kammerer durch Experimente festgestellt hat, unabhängig von inneren Faktoren, der Größe oder dem Alter der Tiere, ihrem Kräfte- oder Ernährungszustande, unabhängig auch vom Licht, wird dagegen durch die Temperatur bestimmt. Alle Experimente ergaben, daß Eier abgelegt werden, wenn die Temperatur über eine gewisse Höhe, etwa 15° C, steigt und sich durchschnittlich so hält, daß dagegen bei einer ständig unter 15° bleibenden Temperatur immer je zwei lebende Junge geboren werden, wie immer die sonstigen Begleitumstände sein mögen. Da nun in den Karsthöhlen diese letztere Temperatur herrscht, so muß auch das Hervorbringen lebendiger Jungen die natürliche normale Fortpflanzungsform der Olme darstellen, während das in den Aquarien beobachtete Eierlegen ein Kunstprodukt infolge der höheren Aquarientemperatur ist.

Von großem Interesse ist auch die wühlende Lebensweise des Grottenolms, da sie uns verschiedene äußere Merkmale erklärt, durch die sich der Olm von andern europäischen Urodelen (Schwanzlurchen) unterscheidet, seine aalförmige gestreckte Leibesform, die spatelförmig gebildete Schnauze. Auch die Kleinheit der Füße, die weder zum Schwimmen noch zum Gehen taugen, aber ganz gut als Fortschieber des wurmförmigen Leibes im Schlamm funktionieren, erscheint als Anpassung an das Wühlen und sich Fortbewegen im Bodenschlamm.

Aus dem Leben der Kerbtiere.

Unter der Überschrift „Touristen in der Kerfenwelt" geht Prof. Karl Sajó**) auf Grund jahrzehntelanger Beobachtung auf die Insektenreisen ein, die in viel größerem Umfange, als gewöhnlich angenommen wird, stattzufinden scheinen. Wenn auch die Vögel natürlich die kühnsten Wanderungen ausführen, so beweisen die Beobachtungen der jüngsten Zeit doch, daß die Insekten ebenfalls echte Reisevölker sind. Für viele von ihren Feinden arg verfolgte Kerfe ist das fortwährende Flüchten von einem Ort zum andern eine Lebensbedingung. Die Insektenreisen geschehen meistens in einer dem Menschen nicht auffälligen Weise, selten in der Form von Massenzügen, wie bei wandernden Schwärmen von Libellen und Schmetterlingen. Sogar eifrige Insektenfreunde übersehen diese Verhältnisse, falls sie nicht eine längere Reihe von Jahren auf demselben Gebiete beschäftigt sind.

Prof. Sajó durchforscht das Gebiet, in dem er jährlich vom März bis September zu weilen pflegt, schon seit vierzig Jahren. Er hat im Laufe dieser langen Zeit kaum einen entomologischen Spaziergang gemacht, der ihm nicht wenigstens eine Insektenart gebracht hätte, die er vorher nie

*) Naturwiss. Wochenschrift XII (1913), Nr. 4.
**) Prometheus, Nr. 1245, S. 778.



getroffen hatte; meistens sind es sogar mehrere. Sie sind — im Gegensatz zu einer Anzahl Formen, die hier ihre ständige Heimat haben — Fremdlinge, und entweder im Durchzug begriffen, vielleicht nur kurze Zeit ruhend und eine Mahlzeit einnehmend, oder einige Generationen ausdauernd und dann ganz verschwindend, um vielleicht erst nach 40 bis 50 Jahren sich wieder einmal hier zu versuchen.

Merkwürdigerweise reisen viele Arten, die so aus der Fremde kommen, paarweise; Prof. Sajó fand von ihnen oft nur ein Männchen und ein Weibchen, diese aber gleichzeitig. Dem Weibchen folgte also ein Männchen. Im Jahre 1874 traf er unter abgefallenem Eichenlaub ein Paar des Rüsselkäfers Gasterocercus depressirostris F. Während der seitdem verstrichenen 38 Jahre hat er diese Art, trotz mehr als 1000 Exkursionen, nicht wieder getroffen. Eine andere seltene Art, die nur in einem Paare auftrat, war die Libelle Sympetrum pedemontanum All., ein Bewohner der höheren Gebirge, der sich hier in der Steppenebene eingefunden hatte. Sajó hat diese Art weder vorher noch nachher jemals lebend erblickt, nicht einmal in Gebirgsgegenden.

Natürlich treffen neben Bewohnern der kühleren und höheren Gebiete hier auch solche Formen ein, die in der Regel in weiter südlich liegenden wärmeren Ländern ihre Brut zu erzeugen pflegen. Eine zierliche, sehr seltene Goldwespenart, aus Kleinasien beschrieben und noch nie nördlicher als zu Fiume an der Adria gefunden, stellte sich vor einigen Jahren hier, auf dem 20 bis 25 Kilometer nördlich von Budapest gelegenen Gelände, ein, gewiß ein sehr reiselustiges Individuum, denn Prof. Sajó fand diese Art sonst bis heute niemals wieder.

Manche Arten treten plötzlich auf, zeugen mehrere oder wenige Jahre hindurch Brut und verschwinden wieder, oft auf sehr lange Zeit. Beispiele solcher Art sind nicht selten. Ein interessanter Fall betraf die niedliche vom General Radoszkowsky 1877 aus Turkestan beschriebene kleine Goldimme Ellampus Bogdanowi, die sich vor 1897 in Ungarn nicht blicken ließ. Dann trat sie jährlich in jedem Sommer in mindestens einem Stück auf, im Jahre 1909 sogar in fünf, ging hierauf aber plötzlich ein und ist bisher nicht wiedergefunden. Zwei recht seltene Käferarten, die spezielle Bewohner höherer Gebirge und vom Wohnort des Beobachters etwa 500 bis 600 Kilometer entfernt zu Hause sind, bezogen auf einem benachbarten Hügel Quartier und erzeugten dort mehrere Jahre hindurch Bruten, ein Beweis, daß sie sich daselbst nicht übel befanden. Offenbar kamen ihnen aber in der Folge ihre Feinde nach, so daß sie das Feld räumen mußten.

Allerdings liegt auch das Gelände des Verfassers für ein „Reisehotel" solcher Gäste recht günstig. Der Lebewesen-Tauschverkehr, insbesondere der fliegenden Formen, findet hier zwischen Alpen und Karpathen, zwischen dem kühlen Norden und den heißen Mittelmeerländern statt. Je nach den meteorologischen Verhältnissen verschiedener Jahre wechselt die Fauna der Reisegäste ab. Heiße Sommer ziehen Wanderer aus dem glühenden Süden herbei, kühle Jahrgänge solche aus den rauheren Gebirgen. Prof. Sajó täuscht sich selten in der Hoffnung, vom Mai bis Mitte Oktober jährlich mindestens 50 bis 60, mitunter auch 70 bis 80 solcher Arten zu begegnen, die er vorher nie getroffen. Nur wer sich derartigen Genüssen zuwendet, erkennt die wunderbare unendliche Mannigfaltigkeit des Naturlebens in ihrer ganzen Größe. Er hat auf seiner Besitzung bereits mehr als dritthalbtausend Kerfenarten gefunden. Wie zur Zeit der Völkerwanderungen des Mittelalters kommen und gehen hier stets neue Völker aus und nach allen Weltrichtungen, viele nur auf kurzen Besuch, andere auf mehrere Generationen. Prof. Sajó zählt noch eine ganze Anzahl dieser Wanderer auf.

Die Wanderungen finden natürlich in allen Jahreszeiten statt, deren Wärme der betreffenden Art noch sich zu bewegen gestattet. Doch scheinen verschiedene Ordnungen und Familien bestimmtere Zugzeiten zu haben. Selbst der Spätherbst läßt noch imposante Insektenzüge zu. Allerdings nur im Kreise gewisser Insektenfamilien, insbesondere bei Fliegen, Zehrwespen, Brakoniden und den eigentlichen Schlupfwespen oder Ichneumoniden. Es ist hier für sie offenbar immer noch wärmer als in den höheren und nördlicheren Gebieten, die sie zu verlassen sich gezwungen sehen. So fanden sich in den ausnehmend rauhen Monaten September und Oktober 1912 an der besonnten Südseite einer Reihe von Robinien und Götterbäumen (Ailanthus) zahlreich Schlupfwespen in ungewöhnlich großer Arten- und Individuenzahl ein. Bei jedem Abschreiten der Reihe fand der Beobachter wieder einige neue Ankömmlinge.

Eine kleine Statistik beleuchtet diese Erscheinung interessant. Auf jener 50 Schritte langen Stelle, deren Umgebung, Roggensaat und Weinanlagen, nur wenigen Insekten ihre Lebensbedingungen bietet, fand Prof. Sajó im September und Oktober 1912 bloß von den eigentlichen Schlupfwespen rund 180 Arten! Aus ganz Ungarn (Siebenbürgen, sämtliche Karpathengebirge, den Banat, das Steppengebiet, die zum Alpengebiet neigenden Gelände und das adriatische Meerufer mit einbegriffen) zählt man nach der 1900 veröffentlichten Fauna hungarica nur 972 Ichneumonidenarten. Auf einer 200 Quadratmeter nicht übersteigenden Fläche stellten sich also an den 25 Tagen, an denen der Beobachter zählen konnte, Schlupfwespen ein, deren Artenzahl beinahe ein Fünftel der bis 1900 in ganz Ungarn festgestellten Schlupfwespenarten beträgt. Dabei ist ferner zu bemerken, daß etwa die Hälfte jener 180 Arten sich nur in einem oder in zwei Exemplaren einfand, woraus man schließen darf, daß über die ganze Fläche dieser einzigen Gemeinde wohl dreimal so viel Arten vorübergezogen sein mochten. Dieses massenhafte Wandern nach Süden mag stattgefunden haben, weil in den kühleren Zonen jene Insekten, auf deren Kosten die Schmarotzerbrut der Ichneumoniden lebt, sich bereits in ihre Winterverstecke geflüchtet hatten.



Prof. Sajó ist der Ansicht, daß in der Insektenwelt auch jährliche regelmäßige Herbst- und Frühjahrswanderungen vorkommen, wie bei den Vögeln, was z. B. bei dem amerikanischen Marienkäfer Hyppodamia convergens festgestellt ist. Es ist merkwürdig, daß man mitunter südliche Zikaden bei Wien im Oktober unter Steinen findet, wohin sie sich offenbar behufs Überwinterung zurückgezogen haben. Leider kennen wir zurzeit von der Lebensweise der meisten Insekten zu wenig, um Genaueres über solche regelmäßigen, an Jahreszeiten gebundenen Wanderungen sagen zu können. Prof. Sajó teilt mehrere dafür sprechende interessante Beobachtungen mit.

Eine solche Wandererin scheint die Fliegenart Ophyra anthrax Meig. zu sein. Zwei andere Fliegenarten: Gonia ornata Meig. und G. fasciata Meig., pflegen im März zu vagabundieren. Die Brut wird sich in dieser Gegend entwickeln, sie bleiben aber nicht an Ort und Stelle und reisen fortwährend umher. Sie erheben sich beinahe nie höher als 20 bis 30 Zentimeter über die Erde und ruhen bei Sonnenschein nur einige Minuten; dann fliegen sie 10 bis 15 Schritte weiter, um sich etwa auf einer Blüte niederzulassen. Prof. Sajó folgte der ersteren Art sacht einmal eine Stunde lang; sie setzte sich wohl 40- bis 50-mal nieder und erhob sich bald wieder, meist nach ein bis zwei Minuten, und legte in der Zeit etwa 500 Meter Weg zurück.

Wir staunen über die heute schon riesige Ausdehnung des menschlichen Verkehrs. Aber was bedeuten die paar Millionen menschlicher Fernreisenden eines Landes gegenüber den Milliarden sechsbeiniger Wesen, die bloß oberhalb der Fläche einer einzigen Gemeinde jährlich dahinziehen, von den meisten Menschen nicht bemerkt und nicht beachtet! Diese Erscheinungen gehören zu den großartigsten Schauspielen irdischen Lebens, die jeden denkenden und fühlenden Menschen tief erregen müssen. Denn sie zeigen uns, daß außer den Schwingungen des Lichtes, der Töne, den Strömungen elektrischer und anderer physischer Energien auch Wellen des Lebens über und neben uns fortwährend dahinschwirren, verkörpert von Lebewesen in solcher Zahl, daß die Menge der Menschen dagegen verschwindet.

Von Fliegen glaubt der Mensch gewöhnlich trotz ihrer schätzenswerten Eigenschaften als Vertilger von Aas und Unrat gerade genug zu haben. Dennoch kann der Naturfreund ein gewisses Bedauern nicht unterdrücken, wenn er den Forscher, wie das Dr. K. Grünberg, Berlin, tut, von verschollenen Fliegenarten unserer heimischen Fauna berichten hört*).

Nahe verwandt mit den sehr nützlichen, aber ebenso unappetitlichen Aas-, Dung-, Mist- und Kotfliegen (Scatophaginen), deren Larven wir auf allem möglichen tierischen und pflanzlichen Unrat finden können, ist die besondere kleine Gruppe der Thyreophorinen mit nur zwei näher bekannten Arten, die zugleich Vertreter besonderer Gattungen sind: Thyreophora cynophila Panz. und Centrophlebomyia furcata F. Eine dritte Art blieb seit ihrer Entdeckung in einen dichten Schleier geheimnisvollen Dunkels gehüllt, der nie gehoben wurde, denn sie ist schon wenige Jahre nach ihrer ersten Beobachtung gänzlich verschollen und nie wieder gefunden worden. Die erstgenannte scheint übrigens demselben Schicksal verfallen zu sein; denn sie ist trotz mancher Bemühungen seit Jahrzehnten nicht mehr beobachtet worden.

Schon in ihrem Äußeren haben diese Fliegen, wenigstens für den Kenner der Zweiflügler, etwas Ungewöhnliches, was natürlich auf Rechnung ihrer außerordentlichen Seltenheit zu setzen ist. Das auffälligste Merkmal, das bei keiner andern Dipterengruppe in dieser Form wiederkehrt, ist das beim männlichen Geschlecht merkwürdig langgestreckte trapezförmige Schildchen, das an jeder Ecke des gerade abgestutzten Hinterendes eine lange, dicke Borste trägt. Beim Weibchen ist das Schildchen wesentlich kürzer und nicht so auffallend geformt.



Fig. 1. Thyreophora cynophila P.

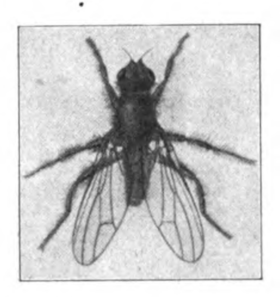


Fig. 2. Centrophlebomyia furcata F.*)

(stark vergrößert).

Auch durch ihre ganz eigenartige Lebensweise stellen sich die Thyreophorinen abseits von allen anderen Zweiflüglern. Sie sind wie auch ihre Larven Aasfresser und leben, abgesehen von einer an menschlichen Leichenteilen beobachteten Art, nur an Kadavern größerer Tiere wie Hunde, Pferde, Esel, Maultiere. Sie stellen sich aber nicht mit dem großen Heer der Aasinsekten an frischen Tierleichen ein, sondern erscheinen erst, wenn nach Abschluß des eigentlichen Verwesungsprozesses nur noch die Knochen und Bänder, höchstens mit geringen angetrockneten Fleisch- und Fettresten, übrig sind. Man findet sie also nur auf alten abgetrockneten Kadavern. Auch ihre sonstigen Lebensgewohnheiten sind vielfach rätselhaft. Sie erscheinen z. B. plötzlich mitten im Winter bei halbwegs günstiger Witterung auf einem Pferdekadaver, ohne daß man sagen könnte, woher sie kommen und wo sie bleiben.

Thyreophora cynophila hat schon infolge ihres ungewöhnlichen Aussehens stets großes Aufsehen erregt. Es ist eine ziemlich schlanke Fliege von 7 bis 10 Millimeter Länge mit langen kräftigen Beinen, die gleich dem Körper stahlblau und dicht schwarz behaart sind; der lebhaft rotgelbe

*) Aus der Heimat, 26. Jahrg. (1913), Heft 1.

*) Nach: Aus der Heimat 1913.

stark glänzende Kopf zeigt auffällig kleine Augen und mitten auf dem Scheitel einen intensiv schwarzen, kreisrunden Fleck. Die sehr langen und breiten Flügel haben an den Queradern ebenfalls zwei intensiv schwarze Flecke. Die Art wurde 1794 von Panzer beschrieben nach einem Stück, das an einem toten Hund gefangen war. Später wurde es mitten im Winter auf Kadavern von Pferden und Eseln gefangen, mit den Fliegen zusammen beobachtete man auch die Larven. Schon damals legte der Dipterenforscher Robineau sich die Frage vor, woher das Tier kommen möge, wenn es sich so plötzlich auf einem Kadaver einstellt. Wie wird die Fortdauer der Art aufrecht erhalten, und wo bleibt das Tier, wenn es keine Nahrung findet? Die meisten Stücke sind bei Paris gefangen worden. Seit 1849 ist über Fang oder Lebensweise des interessanten Tieres nichts mehr mitgeteilt worden.

Bekannter als Thyreophora ist Centrophlebomyia furcata F. Der dicht behaarte Körper ist dunkelbraun, das Rückenschild grau bestäubt, die Flügel schwach bräunlich bestäubt und ungefleckt. In den älteren Sammlungen ist die Art nicht selten und muß in früheren glücklicheren Zeiten mit nicht so strengen gesundheitspolizeilichen Vorschriften sehr häufig gewesen sein. Sein Verbreitungsgebiet erstreckte sich über ganz Mitteleuropa. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts muß die Art schon recht selten geworden sein, 1864 berichtet ein Forscher noch, daß es ihm nur einmal gelungen sei, ein Stück in Österreich zu erbeuten, und später wird die Fliege nur noch einmal aus England erwähnt, mit dem Zusatze, daß sie außerordentlich selten sei.

Die dritte und letzte, zugleich auch interessanteste und leider am wenigsten bekannte Art, Thyreopaora anthropophaga Rob.-Desv., hatte eine ganz exklusive Lebensweise, denn sie kam, soviel wir wissen, nur an menschlichen Leichen vor. Robineau-Desvoidy entdeckte sie 1821 in der Medizinschule zu Paris, wo sie sich in Mengen auf Muskel-, Bänder- und Knochenpräparaten fand. Es war ein kleines, nur 2 Millimeter langes, rötlichbraunes, schlankes Tier mit langem, zweidornigem Schildchen. Auch die Larven wurden damals beobachtet, aber auch sie weder beschrieben noch konserviert. Er sagt nur, daß sie die an den Knochen befindlichen Fleischreste in feines Mehl verwandelten. 1824 fand Robineau von der Fliege nicht ein einziges Stück in der Medizinschule, 1826 beobachtete er noch einmal zwei Exemplare. Im folgenden Jahre aber war sie wieder spurlos verschwunden und ist seitdem nie wieder gefunden worden. Die Art ist seitdem völlig verschollen, in keinem Museum, in keiner Sammlung ist auch nur ein Stück von ihr erhalten.

Die Fliege mag früher, als Fehden, Kriege und öffentliche Hinrichtungen etwas Alltägliches waren, wohl kaum an Nahrungsmangel gelitten haben und zu gewissen Zeiten war ihr fraglos der Tisch sogar sehr reichlich gedeckt. Heute aber besteht, selbst im Falle eines Krieges, kaum noch die Aussicht, die Thyreophora zu finden, nachdem sie auch aus den Anatomien infolge der peinlichen Sauberkeit in den Seziersälen schon seit langer Zeit verschwunden ist. Anders vielleicht in schwächer bevölkerten und weniger kultivierten Ländern. Weniger ungünstig sind die Aussichten auf Wiederentdeckung der beiden andern Arten.

Die Untersuchung des Lichts einiger Leuchtinsekten durch W. W. Coblentz mittelst der spektrophotographischen Methode hat ergeben, daß das Licht der Feuerfliege (Photinus pyralis) eine gelbgrüne Farbe besitzt, während der Leuchtkäfer (Pyrophorus noctilucus) und Photuris pennsylvanica mehr zum grünen, Photinus consanguineus mehr zum gelben Lichte neigen. Die einzelnen Insekten besitzen eine sehr verschiedene Leuchtkraft, was ja auch mit bloßem Auge sich feststellen läßt. Die Wirtschaftlichkeit des Leuchtvorganges ist nach Ives und Coblentz bei den Insekten ganz wunderbar. 96 Prozent der insgesamt aufgewendeten Energie werden in Licht umgewandelt. Das ist ein Prozentsatz, der von keiner künstlichen Lichtquelle je erreicht wird. Die bestmögliche Ausnützung der Energie beträgt 4 Prozent, während sie bei gewöhnlichen Kohlenfadenglühlampen den verschwindend kleinen Nutzeffekt von 0·4 Prozent hat. Die große nicht zur Lichterzeugung verwandte Energiemenge geht als Wärme verloren. Die Leuchtorgane der Feuerfliege arbeiten also ungeheuer ökonomisch. Das ausgestrahlte Licht verdankt seinen Ursprung wahrscheinlich einem physiologisch-chemischen Vorgang, bei dem nicht notwendig Wärme entwickelt zu werden braucht. Selbst wenn Wärmestrahlung in den lichterzeugenden Zellen entsteht, so gelangt sie wegen der Undurchlässigkeit der Chitinschichten der Hülle des Tieres nicht nach außen, sondern bewirkt nur eine auch wirklich festgestellte geringe Temperaturerhöhung in den Leuchtorganen (Naturw. Wochenschrift 1913, Nr. 11).

Daß Insekten hören können, ist eine zwar naheliegende, bisher aber noch unbewiesene Annahme. Prof. Dr. K. Peter hat vor kurzem durch Experimente das Hörvermögen eines Schmetterlings einwandfrei feststellen können*). Ein Vertreter einer Gattung der hauptsächlich im Gebirge vorkommenden Flechtenspinner, Endrosa aurita, zeigt beim Männchen unter dem Ansatz des letzten Fußpaares eine große Schallblase, mittelst deren es auf noch unbekannte Weise ein eigentümliches hohes Knacken oder Knarren hervorbringt, und zwar nur beim Fliegen. Kommt nun ein Männchen, das niedrig über die Grashalde hinflattert, knackend in die Nähe eines Weibchens, dem diese Fähigkeit fehlt, so beginnt letzteres, sich durch Bewegungen des Hinterleibs und meist auch der Flügel bemerkbar zu machen. Und zwar ist es der Gehörsinn, der das Weibchen aufmerksam macht, denn alle andern uns bekannten Sinne konnte Prof. Peter bei seinen Beobachtungen ausschalten. Das Knacken des Männchens und die daraufhin erfolgenden Bewegungen des Weibchens, die letzteres dem Männchen wahrnehmbar machen sollen, dienen dazu, die Vereinigung der Geschlechter zu ermöglichen.

*) Umschau 1913, Nr. 13.

Der Mensch.

(Physiologie, Ethnologie, Urgeschichte.)

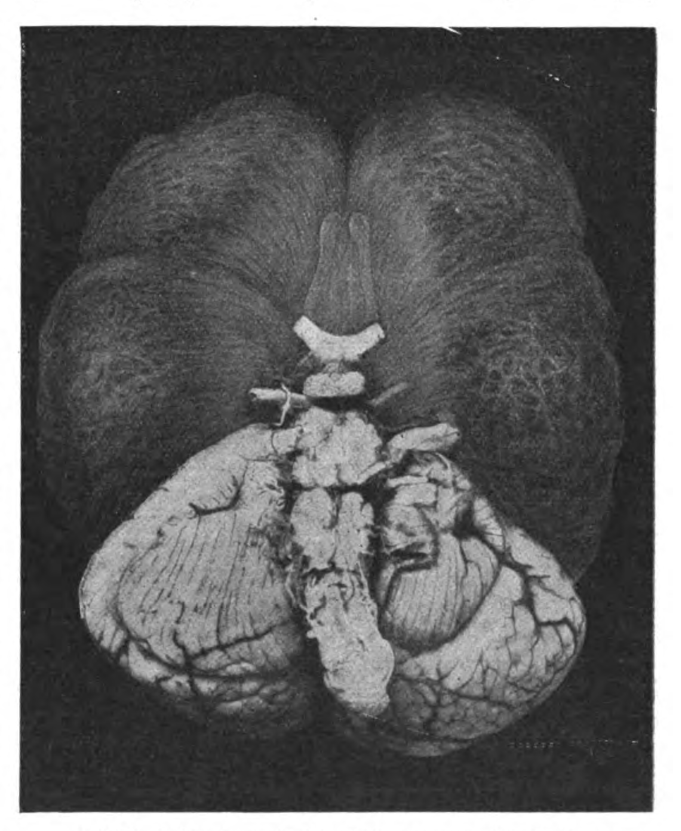
Ein Mensch ohne Großhirn * Einheitlichkeit und Gliederung des Menschengeschlechts * Herkunft und Wanderungen der Rassen * Rassenmischung * Älteste Menschenreste * Kunst der Urzeit.

Ein Mensch ohne Großhirn.

Bekanntlich unterscheidet man am Gehirn zwei von einander grundverschiedene Gebiete: das allen gehirnbegabten Wesen eigene Urhirn oder Paläenzephalon und das Großhirn oder Neenzephalon (s. Jahrb. VIII, S. 182 ff). An Tieren, namentlich des Großhirns künstlich beraubten Hunden, hat man festgestellt, welcher Verrichtungen der großhirnlose Organismus fähig ist. Auch Menschen ohne Großhirn sind schon beobachtet, hier handelte es sich allerdings immer um gehirnlose Neugeborene, die kaum die ersten Tage überlebten. Man hat an ihnen die im Rückenmark und verlängerten Mark lokalisierten Leistungen, wie Bewegung der Glieder, Saugen, Schreien, Lidschluß, auch gewisse mimische Bewegungen festgestellt und mit Erstaunen entdeckt, daß diese Anenzephalen mit offenem Kopf und totalem Fehlen von Großhirn und Sehhügel etwa das gleiche leisten, was normale Neugeborene leisten: Bei diesen scheint also das Großhirn noch gar keine Rolle zu spielen. Das erklärt sich vielleicht daraus, daß es mit dem Urhirne noch nicht durch markhaltige Fasern verbunden ist. Erst mit der Ausbildung solcher Verbindungsbahnen während des ersten Lebensjahres treten andersartige Bewegungen auf.

Ein Mensch aber, der ohne Großhirn längere Zeit gelebt hätte, war bisher nicht beobachtet worden; jetzt haben die Psychologen L. Edinger und B. Fischer*) über einen solchen, der älter als drei Jahre wurde, berichtet. Seine außerordentlich intelligente Mutter hat sorgfältige Beobachtungen über ihn mitgeteilt, die beiden Gelehrten haben das Gehirn aufs genaueste untersucht. Bei diesem Kinde war das Paläenzephalon ganz normal ausgebildet, die Hemisphären des Großhirns aber waren in eine ganz dünne, vielgefaltete Membran verwandelt, aus der sich bei der Sektion sehr viel klare, wässerige helle Flüssigkeit entleerte. Man hatte den Eindruck, daß das Großhirn einmal vorhanden war und dann durch einen krankhaften Vorgang in diese dünne Blase verwandelt worden ist. Das Kind ist an einer ausgebreiteten Lungentuberkulose gestorben. Die Symptome während des Lebens ließen wohl ein schweres Hirnleiden vermuten, aber an ein vollständiges Fehlen des Großhirns hätte niemand gedacht.

Wie waren nun die Lebensäußerungen dieses von gesunden Eltern stammenden Kindes? Es nahm die Brust gleich an und saugte anfangs richtig. Eigentlich war es nur bei diesem Saugen, zu dem es geweckt werden mußte, wach, sonst lag es immer „im Schlafe" da. Nie hörte man es im ersten Jahre weinen, nur manchmal gab es leise Töne von sich. Daß es durch irgend ein Zeichen Hunger oder Durst verraten hätte, kam nicht vor; freilich wurde es auch alle drei Stunden genährt. Erst in der vierten Woche merkten die Eltern, daß die niemals bewegten Arme und Beine starr im Krampfe waren. Dabei blieb es, das Kind hat sich überhaupt im ganzen ersten Jahre nicht bewegt. Mit starr gestreckten Beinen, vorwärts gestreckten Armen, die Fäustchen eingeschlagen, lag es ständig schlafend zu Bette. In der sechsten Woche hörte es auf zu saugen und nahm



Ansicht des Gehirns des großhirnlosen Kindes von unten. Etwa 2/3 Größe.

*) Pflügers Archiv, Bd. 152 (1913), Heft 11 u. 12.

aus einem Löffel ihm Eingeflößtes. Da die Mutter dabei im vierten Monat etwas Saugbewegung zu sehen glaubte, wurde eine Saugflasche versucht, und aus dieser saugte das Kleine nun seine Nahrung weiter, ohne jedoch jemals die Flasche mit der Hand zu berühren oder gar zu halten. Geschmacksempfindungen müssen dagewesen sein, denn nur wenn Milch in der Flasche war, saugte es, bei allem anderen nicht. Wollte man es nicht verhungern lassen, so mußte man es immer wecken und ihm Milch geben. Nahrung verlangt, auch nur durch Wimmern, hat es sicherlich auch später niemals.

Die Mutter konnte in gar keine Beziehung zu dem Kinde treten, es erkannte sie niemals, weder an der Stimme noch durch Sehen. Die Augen waren immer nach oben gerichtet, wenn sie überhaupt offen waren. Alle Versuche zu ermitteln, ob das Kind sehe, ergaben nichts, es schien blind. Doch schloß es die Augen, wenn es stark belichtet wurde, wobei wie überhaupt beim Augenschließen, die Fältelung der Haut um das Auge auffiel. Wenn etwas mit lautem Geräusch hinfiel, wurde wiederholt ein Zusammenschrecken beobachtet, sonst aber niemals etwas wahrgenommen, was auf Hören hinwies. Die Mutter hat auch untersucht, ob es fühlte. Sie glaubt nicht, daß dies der Fall gewesen, denn selbst bei oftmaligem Kneifen in die sonst so empfindlichen Fingerbeeren hat das Kind keine Miene verzogen. Von Empfinden wurde nur eines wahrgenommen: wenn das Kind schrie, konnte man es durch Reiben des Kopfes zur Ruhe bringen, auch dadurch, daß die Mutter es an sich preßte, ein Beruhigungsmittel, das später viel angewandt werden mußte, da das Wesen vom zweiten Lebensjahre an bis zu seinem Ende Tage und Nächte lang laut schrie. Im ersten wimmerte es nur.

Das Gesicht war ohne Mimik. Nur beim Erwachen, niemals aber im wachen Zustande, verzogen sich die Züge zu etwas, das wie Lächeln aussah. So lag es ein ganzes Jahr vollständig ruhig, drehte sich nicht im Bette, lag abends so, wie man es morgens hingelegt hatte. Nur traten gegen Ende des ersten Jahres manchmal eigenartige Streckungen auf, bei denen Hinterkopf und Beine allein das Bett berührten und der Rücken im Bogen emporgehoben war. Vom vierten Monat ab entwickelten sich schon die Zähne, sie waren alle gesägt. Als mehrere erschienen waren, knirschte das Kind stundenlang, ja fast ständig, wenn es nicht eben weinte. So lebte es 3½ Jahre. In seinem Zustande änderte sich absolut nichts, als daß es vom zweiten Jahre an viel schrie, was möglicherweise mit der Entwicklung des verlängerten Marks zusammenhängt, das um diese Zeit für die Sprache in Anspruch genommen wird. Ein starres, unselbständiges, der Sinnesempfindungen und Handlungen völlig unfähiges Wesen, das selbst, wenn es beschmutzt dalag, kein Zeichen der Unlust gab, blieb es, bis am Ende des dritten Jahres ein Husten einsetzte, von dessen Folgen es sich nicht erholte. Es starb an Entkräftung, wozu auch wohl die Ernährungsweise beigetragen haben mag; denn die Mutter wußte nie, wann es satt war oder nicht. Es wurde 3¾ Jahre alt.

Die von den Verfassern sehr ausführlich beschriebene mikroskopische Untersuchung ließ keinen Zweifel darüber, daß das gesamte Großhirn hier total fehlte. Alle Teile des Paläenzephalons dagegen sind normal und nur etwas kleiner als die eines etwa zweijährigen Kindes. Wir haben hier also ein Wesen vor uns, das ganz auf sein Paläenzephalon angewiesen war, dem das Neenzephalon ebenso fehlte wie etwa einem Fische. Es ist nun erstaunlich, wie viel weniger dieser Mensch ohne Großhirn leistete als die bekannten Hunde mit demselben Defekt. Es wurde zum Vergleich ein Hund ohne Großhirn herangezogen, der über drei Jahre lebte (Rothmanns).

Der Hund lernte bald wieder laufen, ja eine Hürde überklettern, das Kind lag zusammengezogen und fast bewegungslos 3¾ Jahre da und hat niemals auch nur einen Versuch gemacht, sich aufzurichten. Nie hat es die Hände zum Greifen oder auch nur zum Halten benutzt. Nur das Gesicht wurde gelegentlich schmerzlich verzogen, die Lippen wurden samt der Zunge beim Saugen und auch beim Einlöffeln von Nahrung benützt. Der Hund, der anfangs auch wie das Kind gefüttert werden mußte, hat später doch soviel gelernt, daß es genügte, die Schüssel an seine Schnauze zu bringen, dann fraß er den Napf leer. Von der enormen Unruhe, die infolge Fortfalls aller Hemmungen das Tier beherrschte, war bei dem Kinde nichts zu sehen, abgesehen von dem erwähnten immerwährenden Schreien. Bei dem Hunde wechselte Schlaf mit Wachen, das Kind scheint ziemlich immer geschlafen zu haben.

Der Hund schmeckte, roch und hörte nicht mehr, ebenso ließ sich ein Sehen nicht feststellen. Genau so bei dem Kinde, und es bestanden auch hier wie bei dem Tiere optische Reflexe, das Auge wurde bei Lichteinfall gelegentlich krampfhaft geschlossen.

Es war nicht möglich, beim Kinde irgend eine seelische Äußerung zu finden, zu ihm in Beziehung zu treten oder gar es etwas zu lehren. Letzteres gelang bei dem Hunde bis zu einem gewissen Grade. Er hatte auch Stimmungen, Wutanfälle, behagliche Ruhe.

Bei dem Hunde also ermöglichte das erhaltene Paläenzephalon weitgehende selbständige Leistungen. Bei dem Menschen war die Leistungsfähigkeit außerordentlich gering, so gering, daß er ohne die mütterliche Pflege zweifellos untergegangen wäre. Das gleiche ist der Fall auch beim normalen Neugeborenen, der praktisch genommen auch ohne Großhirn ist, da dessen Verbindungen mit dem Urhirn fehlen; ja es ist bei den Neugeborenen aller Säuger so. Diese Säugetiere können überhaupt nicht wie die Fische, Amphibien und Reptilien mit den Urhirnteilen allein auskommen. Es steigt in ihrer Reihe die funktionelle Wichtigkeit des Neuhirns allmählich an. Aber längst ist aufgefallen, daß der Mensch letzteres überhaupt nicht entbehren kann. Nur er ist, wie unser Fall zeigt, durchaus auf die ungestörte Tätigkeit des Neuhirns angewiesen, wenn das Urhirn überhaupt seine Tätig-

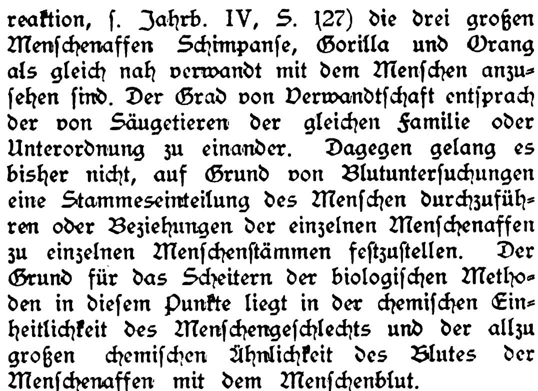


keit ausüben soll. Die große Unselbständigkeit der Urhirngebiete beim Menschen ist hiermit sicher festgestellt. Unser Kind ohne Großhirn war weniger leistungsfähig als ein Fisch oder als ein Frosch ohne Großhirn.

Über die *Bedeutung des Kleinhirns* hat der bedeutende römische Physiologe *Luciani* jahrelange Untersuchungen und Versuche an Tieren angestellt, deren Ergebnisse Prof. Dr. H. *Kronecker* in folgenden Sätzen zusammenfassend wiedergibt *).

Das Kleinhirn reguliert alle Bewegungen, sowohl in bezug auf ihre Energie als in bezug auf ihr Zusammenwirken. Das Wesen der Kleinhirnfunktionen wird durch seine Beziehungen zum Großhirn erhellt: Wenn man Kleinhirnteile ausschaltet, so werden die Störungen vermittelst Innervation (Einfluß der Nerven) seitens des Großhirns großenteils ausgeglichen. Wenn aber die S-förmige Windung der Großhirnrinde mit ihren vielen Bewegungszentren zuvor entfernt war, so ist die Körperhaltung und der Gang des kleinhirnlosen Tieres gänzlich oder größtenteils gestört. Wenn das halbe Kleinhirn fortgenommen war, so sind die Großhirnzentren auf der andern Seite zunächst weniger erregbar. Nachdem sich die Lähmungserscheinungen vermindert hatten, zeigten sich die entsprechenden Großhirnzentren erregbarer als unter dem Einflusse ihrer Kleinhirnhälfte, die nun als Regulierer eben fehlte. van *Rynberk* fand, daß schon das ruhende Kleinhirn normalerweise reflektorisch alle willkürlichen Muskeln in gewisser Spannung erhält (tonisiert). Die Hauptsinnesapparate verstärken diese unwillkürliche Spannung mittelst der Bewegungsnervenzentren. Während der Bewegungen ist die Hilfe des Kleinhirns zu den vom Gehirn ausgehenden, die Bewegung und das Gleichgewicht regelnden Impulsen unentbehrlich für die normale Bewegungswirkung und daher auch für das exakte Zusammenwirken der einzelnen Muskeln der Bewegungsapparate. Die Beeinträchtigung oder völlige Vernichtung dieser Einflüsse erklärt sämtliche, in ihrer Deutung so sehr bestrittenen, sogenannten zerebellären Ataxie-Erscheinungen (d. h. die vom Kleinhirn beeinflußte Unfähigkeit zu geordneten Bewegungen). Solange man irgend einen Ort der Kleinhirnrinde reizt, bedarf man zur Erregung der motorischen Großhirnzentren minderer Reize. Das Kleinhirn verstärkt also die Erregungen des Großhirns. — Im großen ganzen bestätigen diese Angaben die Ergebnisse der Kleinhirnforschungen von Prof. H. *Munk*, über die seinerzeit kurz berichtet wurde (s. Jahrb. VI, 1908, S. 211).

Einheitlichkeit und Gliederung des Menschengeschlechts.



In einem Vortrage über die *Behaarung der Menschenrassen und Menschenaffen* betont Prof. H. *Friedenthal* **), daß nach seinen Versuchen nach biologischer Methode (Blutreaktion, s. Jahrb. IV, S. 127) die drei großen Menschenaffen Schimpanse, Gorilla und Orang als gleich nah verwandt mit dem Menschen anzusehen sind. Der Grad von Verwandtschaft entsprach der von Säugetieren der gleichen Familie oder Unterordnung zu einander. Dagegen gelang es bisher nicht, auf Grund von Blutuntersuchungen eine Stammeseinteilung des Menschen durchzuführen oder Beziehungen der einzelnen Menschenaffen zu einzelnen Menschenstämmen festzustellen. Der Grund für das Scheitern der biologischen Methoden in diesem Punkte liegt in der chemischen Einheitlichkeit des Menschengeschlechts und der allzu großen chemischen Ähnlichkeit des Blutes der Menschenaffen mit dem Menschenblut.

Die *innere Einheitlichkeit des Menschengeschlechts* trotz der großen äußeren Formverschiedenheiten wird durch das feinste biologische Experiment, das wir kennen, bewiesen, nämlich durch die Bildung unbeschränkt fruchtbarer Bastarde bei Kreuzung der verschiedensten Menschenrassen. Wir sehen in der Natur bei Vermischung sehr nahe verwandter Tierarten, daß die Bildung der reifen Geschlechtszellen auch dann auf innere Hindernisse stoßen kann, wenn der Körper des erzeugten Bastards sonst keinerlei Hemmungen in seinem physiologischen Funktionieren erkennen läßt. Selbst so nah verwandte Arten wie Zebra und Esel erzeugen unfruchtbare Bastarde, die verschiedenen Menschenrassen stehen sich also innerlich viel näher als diese beiden nächstverwandten Tierarten. Die Bildung unbeschränkt fruchtbarer Bastarde aller Menschenrassen gibt den unwiderleglichsten Beweis für die innere Einheitlichkeit der gesamten Menschheit und zugleich eine Erklärung für die Schwierigkeit, das Menschengeschlecht in kleinere Gruppen einzuteilen.

Während die Versuche, aus den Eigenschaften des Skeletts eine Einteilung der Menschheit in große Stämme vorzunehmen, als gescheitert anzusehen sind, ist es möglich, auf Grund der *Haarverschiedenheiten eine brauchbare Gliederung der Menschheit* zu erlangen, da die Eigenheiten des Kopfhaarbodens sich mit absoluter Beständigkeit vererben. Berücksichtigen wir die geographische Verteilung der *drei Haupttypen der Behaarung*, so finden wir Europa, Westasien und Australien nebst einem großen Teil von Ozeanien bewohnt von Rassen mit *lockigem* Haupthaar, sehr reichem Terminalhaar (Körperhaar) und einer großen Variationsbreite der Behaarung. *Spiralgekrauste* Haare, Armut an Terminalhaar, sehr geringe Verschiedenheit von Kopfhaar und Terminalhaar finden wir bei Hottentotten, Buschmännern, Akkas, Negern, Papuas, Melanesiern, Tasmaniern, Negritos in Afrika und einigen Inseln des Stillen Ozeans, sonst nirgends auf der Erde. *Straffe* Haare bei geringem Terminalwuchs, der aber vom Kopfhaarwuchs oft verschieden ist, finden wir nur bei Nordostasiaten, Ostasiaten, Südostasiaten und Eskimos. Die amerikanischen Rassen nähern sich zwar diesem straffhaarigen Typus, zeigen aber einen Einschlag von lockenhaarigem Typ, besonders in Südamerika. Diese Befunde der Haarbeschaffenheit stehen im

*) Die Naturwissenschaften, 1913, Nr. 28.
**) Zeitschr. f. Ethnologie, 43. Jahrgang (1911), Heft 6.

Einklang mit der Besiedlung Amerikas von Norden her durch eine straffhaarige Rasse und Vermischung in Südamerika mit maoriähnlichen Polynesiern. Die absolute Beständigkeit der Vererbung des Haarbodens zeigt sich darin, daß noch niemals ein straffhaariger Neger oder ein spiralgekrauster Ostasiate geboren wurde. Die Variationsbreite der Menschenbehaarung ist größer als die Variationsbreite der Rassenbehaarung und der individuellen Haarbeschaffenheit. Die dreiteilige Gliederung der Menschheit nach der Beschaffenheit des Haarbodens und des Haarwuchses ist als einziges absolut sicheres Ergebnis der vergleichenden Menschenkunde anzusehen und der Unsicherheit der Vergleichung nach anderen Körpermerkmalen (Skelett) gegenüberzustellen. Aufgabe der Anthropologie wird es jetzt sein, die auf Grund der Haarvergleichung gefundene Stammesgemeinschaft so verschiedener Rassen wie Togoneger, Tasmanier, Buschmann und Papua auch an anderen Körpermerkmalen nachzuweisen. Auch die Menschheitssprachen verdienen, auf Grund dieser Dreiteilung einer erneuten Untersuchung unterzogen zu werden, wobei die Australiersprache, als der Ursprache am nächsten stehend, besonders zu beachten wäre. Die Frage, ob nicht bloß zwei statt der drei Urtypen der Menschheit aufzustellen seien und der mittlere, lockenhaarige Typus als Bastardtypus zwischen den zwei Extremen anzusehen sei, verneint Prof. Friedenthal aus mehreren Gründen. Ganz besonders spricht die Ähnlichkeit der Terminalbehaarung (sehr reich) des mittelhaarigen Typus, namentlich der Australier, mit der Behaarung der Anthropoiden für die Ursprünglichkeit dieses Haartypus.

Die Behaarung der drei großen Anthropoiden, Gorilla, Schimpanse und Orang, ähnelt der Terminalbehaarung des Menschen außerordentlich, weit mehr als der Behaarung niederer Menschenaffen. Die Stellung der Anthropoidenhaare in Reihen, seltener in Gruppen bis zu sechs, entspricht der Stellung der Terminal- wie der Kopfbehaarung des Menschen. Die Länge der Anthropoidenhaare entspricht der Länge der Terminalbehaarung des Menschen am Bart. Auch die Dicke der Fellhaare der drei großen Anthropoiden entspricht der Dicke menschlicher Barthaare.

Es ist bemerkenswert, daß nicht etwa die Fellhaare der afrikanischen Menschenaffen (Schimpanse, Gorilla) mit den Haaren der afrikanischen Menschenrassen Ähnlichkeit besitzen, noch die Haare des Orang mit denen asiatischer Menschenrassen. Kein Anthropoide besitzt spiralgekrauftes Haar. Das straffste Fellhaar besitzen im ausgewachsenen Zustande die Schimpansearten, nicht der Orang. Letzterer besitzt gewellteres Haar als Schimpanse und Tschego. Die Anthropoiden wechseln ihr primäres Flaumhaarkleid bereits vor der Geburt gegen ein Terminalhaarkleid um, der Mensch wechselt erst zur Zeit der Pubertät sein Flaumhaarkleid auf einem Teil der Körperoberfläche.

Die Anthropoiden teilen als einzige Tierart die Glatzenbildung auf dem Schädel mit dem Menschen. Wie die Fellbekleidung tritt auch die Glatzenbildung bei den anthropoiden Affen weit früher auf als beim Menschen. Dies spricht dafür, daß eine sehnige Umwandlung der Kopfmuskeln über dem knöchernen Schädel als Grund der Ausbildung einer Kopfglatze auch beim Menschen anzusehen ist. Diese Umwandlung wird, wie die gesamte Ausbildung der Bewegungsmaschine, beim Menschen weit später auftreten als bei den anthropoiden Affen. Beim Gorilla ist keinerlei Glatzenbildung bekannt, beim Orang ist die Haararmut auf dem Schädeldach bereits beim Fötus feststellbar, und es tragen verschiedene Orangarten Stirnglatzen, andere Scheitelglatzen mit Kahlheit des Fetthöckers auf dem Kopf. Beim Schimpansen finden wir eine Kahlheit der vorderen Kopfmitte, die beim Menschen nur an Japanern andeutungsweise bisher aufgefunden werden konnte. Junge Orangs sind oft so kahl wie Menschensäuglinge. Unter den Schimpansen ist eine Art, Anthropopithecus calvus, durch fast völlige Kahlheit des ganzen Schädels ausgezeichnet. Auf Kultureinflüsse kann die Glatzenbildung bei den Anthropoiden ebensowenig wie die Kahlheit der Gorillabrust und des Gorillarückens bezogen werden.

Prof. Friedenthal hat durch Untersuchung zweier Proben des Tasmanierkopfhaars festgestellt, daß dieses so gänzlich ununterscheidbar vom Haar der Papuas ist, daß ein einziges Tasmanierkopfhaar genügt, um mit aller Sicherheit die Zugehörigkeit der Tasmanier zu dem Menschheitsstamm mit spiralgekrausten Haaren festzustellen. Keine der sehr zahlreichen Australierhaarproben, die Verfasser untersuchte, zeigte jemals ein spiralgekrauftes Kopfhaar. Dieser Befund ist um so merkwürdiger, als auf Photographien der Kopfhaarwuchs der Australier nicht sehr verschieden von der Kopfbehaarung der afrikanischen Negerstämme erscheint. Tasmanier und Australier gehören also, wie die Haaruntersuchungen mit aller Sicherheit ergeben, zwei verschiedenen Menschheitsstämmen an, trotz vielfacher Ähnlichkeiten, die auf Verwandtschaft schließen ließen. Verwechslung eines Australierkopfhaars mit dem eines Tasmaniers hält Friedenthal nur dann für möglich, wenn unter den Tasmaniern sich einzelne schlichthaarige Individuen befunden haben sollten (Atavismus). Im Falle der Tasmanier genügte ein Haar eines Individuums einer ausgestorbenen Menschenrasse, um die Stammeszugehörigkeit mit aller Sicherheit feststellen zu können.

Ganz übereinstimmend mit der Ansicht Dr. Wieth-Knudsons, daß die sehr variable Körpergröße an sich kein Merkmal der Rasseneinteilung sein könne, versucht Dr. C. H. Stratz eine solche Einteilung auf die Körperproportionen der menschlichen Rassen zu gründen, und zwar vorwiegend durch Messungen am weiblichen Geschlecht, das die Rassenmerkmale treuer bewahre als das männliche und ihm in reicherem Umfange zu Gebote stand.

Frauen von 120 bis 140 Zentimeter können als klein, solche von 140 bis 160 Zentimeter als mittelgroß, von 160 bis 170 Zentimeter und dar-

*) Archiv f. Anthropol., Bd. 10 (1911), Heft 2/5.



über als groß bezeichnet werden. Die weibliche Körperhöhe bleibt bei den niederen (protomorphen) Rassen nur wenig, bei den höheren (archimorphen) um durchschnittlich 10 Zentimeter hinter der des Mannes zurück.

Dr. Stratz stellt in einer Abbildung ein Akkamädchen (afrikanischer Pygmäenstamm) von 120, eine Japanerin von 150 und eine Europäerin von 170 Zentimeter, also eine kleine, mittlere und große Frau nach photographischen Aufnahmen im richtigen Größenverhältnis nebeneinander. Hier stimmt allerdings die Skala mit der Entwicklungsstufe von der protomorphen zur höchsten archimorphen Rasse; man könnte aber ebenso gut an die Stelle der Europäerin eine Patagonierin, an die der Japanerin eine Weiße setzen, wenn es auf die Größe allein ankäme.

Vergleicht man die Gestalten untereinander, so fällt zunächst auf, daß die Köpfe ungefähr gleich groß sind, daß also die Höhenunterschiede nur durch die Größendifferenzen des Rumpfes und der Beine bedingt werden. Konstruiert man die Körpermitte, so erkennt man, daß diese am Rumpf um so tiefer herabrückt, je größer die Gesamthöhe ist, mit andern Worten, daß die Gesamthöhe in noch höherem Maße von der Länge der Beine als von der des Rumpfes abhängt. Mithin hat die Höhenbestimmung für die Rassendiagnose nur einen relativen Wert in Beziehung zu den Proportionen. Da die Kopflänge, wie gesagt, überall ungefähr die gleiche ist, so eignet sie sich besonders zur Maßangabe. Danach ergeben sich zwischen den einzelnen Rassen kurz folgende Unterschiede:

1. Protomorphe Rassen: 6 bis 7 Kopfhöhen lang, Überlänge der Arme.
2. Schwarze Hauptrasse: $6^1/_2$ bis $7^1/_2$ Kopfhöhen, Überlänge der Arme, Überlänge der Beine.
3. Gelbe Hauptrasse: $6^1/_2$ bis $7^1/_2$ Kopfhöhen, Unterlänge der Beine.
4. Weiße Hauptrasse: 7 bis 8 Kopfhöhen, normale Proportionen.

Hierzu kommen einige weitere Ausführungen. Während also die Protomorphen normalerweise einen verhältnismäßig großen Kopf und überlange Arme haben, finden sich bei ihnen individuell oft auch überlange Beine. Wo dies zur Regel wird, wie bei manchen australischen Stämmen, ergibt sich ein besonderer Typus, der sich in dieser Hinsicht dem nigritischen Kanon nähert.

Die nigritische Hauptrasse hat als einseitig entwickeltes Rassenmerkmal die Überlänge der Beine, die sich mit der primitiven Übergröße des Kopfes und Überlänge der Arme verbindet. Die Übergröße des Kopfes wird hier hauptsächlich durch die einseitig starke Ausbildung der Kieferregion verursacht. Auch hier gibt es zahlreiche individuelle Abweichungen, besonders unter den Mischformen. Wo sich die überlangen Negerbeine mit dem kleinen Kopf der weißen Rasse vereinigen, wie z. B. in Ägypten, können merkwürdige Gestalten von über 8 Kopfhöhen entstehen.

Bei der gelben Hauptrasse besteht als einseitiges Rassenmerkmal die Unterlänge der Beine, als primitives der verhältnismäßig größere Kopf. Bei den Eskimo tritt dazu eine individuell außerordentlich häufige Überlänge der Arme, wodurch sie zu einer protomorphen Form innerhalb des gelben Rassentypus gestempelt werden.

Bei der weißen Rasse findet man selbstverständlich den sog. Normalkanon von Fritsch am häufigsten; individuelle Abweichungen kommen aber auch bei ihr genug vor. Hier sind es z. B. die Aino, die den Normalkanon fast durchgehends mit überlangen Armen verbinden, somit ein protomorphes Element innerhalb der weißen Rasse darstellen.

Einen wesentlichen Unterschied zwischen den niederen und der weißen Rasse sieht Dr. Stratz darin, daß erstere auf einer niederen, der Kindheit näheren Wachstumsstufe stehenbleiben; das Endergebnis des Wachstums wird bei ihnen früher erreicht, ist aber nicht so vollständig wie bei der weißen Rasse.

Herkunft und Wanderungen der Rassen.

Eine völlige Umwälzung unserer Anschauungen über das Aussehen und die Herkunft des arischen Stammes sowie der bisher üblichen Einteilung des Menschengeschlechts hat der italienische Anthropologe Prof. G. Sergi unternommen.*) Sergi tritt als Verfechter zweier charakteristischer Gedanken auf: zunächst betont er die verhältnismäßige Unfruchtbarkeit der gewöhnlichen rein anthropometrischen Technik und Methode, der er die anatomisch-stereometrische (räumliche) Anschauungsweise und Klassifizierung insbesondere der menschlichen Schädel gegenüberstellt; zweitens ist er Anhänger, wenn nicht Urheber einer Hypothese vom afrikanischen Ursprung der europäischen Dolichozephalen, und zwar sowohl ihres mittelmeerischen wie ihres baltischen Zweiges.

Hinsichtlich des letzteren Punktes heißt es in dem ersten der unten angeführten Werke: Man hat nach langem Studium über die antike und moderne Bevölkerung Indiens und Persiens die Tatsache feststellen können, daß die Arier ursprünglich Dolichozephalen (Langschädlige) und braun wie die Bewohner der Mittelmeerküsten waren, nicht blond mit skandinavischem Typus, wie eine anthropologische Legende seit einiger Zeit ohne irgend welche Begründung behauptet. Dies ist ein neues Ergebnis. Richtig ist jedoch, daß die Anthropologen die Dolichozephalie der Perser und Inder anerkannt hatten; allerdings mit einem Charaktermerkmal, das diese weder haben noch jemals gehabt haben, nämlich mit der blonden Haarfarbe, um so den germanischen Typus herauszubilden, der niemals als arischer Typus existiert hat. Die andere neue Tatsache, die sich aus meinen früheren und neuesten Forschungen ergibt, ist die, daß die in vorgeschichtlicher Zeit nach Europa gekommenen Arier Brachyzephalen (Kurzschädlige), mit ähnlichem Typus wie

*) Gli Arii d'Europa e d'Asia. Turin 1913. — L'Uomo secondo le origini etc. Torino 1911. — Das Obige nach einer zusammenfassenden Darstellung von Dr. K. A. Wieth-Knudsen im Archiv f. Rassen- und Gesellschaftsbiologie 1912, Heft 2.

die Tagicchi und folglich von den Ariern Asiens verschieden waren. Heutzutage findet man in Europa, mit Ausnahme weniger Völkerstämme, Arier nur auf Grund ihrer Sprache und von jeglichem anthropologischen Typus, sowohl Dolichozephalen wie Brachyzephalen.

Wir haben — fährt Sergi fort — jedoch in dem Zusammenhang der asiatischen arischen Völkerstämme, der braunen Dolichozephalen, mit den europäischen Völkern desselben Typus, nämlich den eurafrikanischen Bewohnern der Mittelmeerküsten, eine merkwürdige Tatsache gefunden, und dieser Zusammenhang erstreckt sich natürlich auf die Völkerstämme, die Abarten des eurafrikanischen Typus sind, nämlich auf die rotbraunen und schwarzen Afrikaner und auf die nordischen Dolichozephalen blonden Europäer. Der Leser wird bereits wissen, wie der eurafrikanische Typus von mir in drei Abarten geteilt ist, die durch die Verbreitung von Zentralafrika nach dem Norden Europas gebildet werden und jene besonderen Merkmale der Heimatsbedingungen aufweisen; er wird gleichfalls wissen, daß die blonden Dolichozephalen eine dieser Abarten darstellen, also demselben Stamme angehören wie die braunen Mittelmeerküstenbewohner. Wenn also, wie bereits erwiesen, die asiatischen Arier, Inder und Iranesen, derselben Abart wie die braunen Mittelmeerküstenbewohner angehören, so gehören sie ebenfalls demselben Typus der blonden Dolichozephalen des nördlichen Europas an. Alle europäischen Steinzeitvölker sowie die ägyptischen und libyschen Neolithiker (Menschen der jüngeren Steinzeit) entstammen folglich derselben Familie, der die eingeborenen asiatischen Arier angehören.

Diese Familie nun stammt laut Sergi aus Zentralafrika her und wird, als von Süden herrührend, Notanthropus (Südmensch) getauft. Seine wichtigste Spezies, Notanthropus eurafricanus, umfaßt also u. a. folgende Varianten; 1. Der dolichozephale „Mittelmeerländer" (synonym Homo mediterraneus), 2. der dolichozephale Anglo-Germane (syn. Homo europaeus), während 3. der indische Dolichozephale als Untervariation des Mittelmeerländers aufgefaßt wird.

Die in Europa weit mehr als diese Dolichozephalen verbreiteten brachyzephalen Rassen (syn. Homo alpinus) faßt Sergi in Übereinstimmung mit den meisten Anthropologen als Asiaten auf, meint aber, daß die sogenannten arischen Sprachen gerade von diesen Brachizephalen und nicht von dolichozephalen Asiaten (wie den Indern) auf Europa übertragen seien. — Warum, so fragt man sich, soll denn nun die sogenannte arische Sprache von Asien aus auf die damaligen Bewohner Europas übertragen sein? Waren diese bis dahin stumm, oder wo blieb ihre bisherige Sprache? Wäre es nach den bisher entwickelten Anschauungen Sergis nicht folgerichtiger anzunehmen, daß die asiatischen Dolichozephalen (Iranier und Indier) ihre arische Sprache aus Europa mitgebracht und in der neuen Heimat weiter entwickelt haben, und daß die in Europa eindringende alpine Rasse dieses Idiom schon in der Berührung mit jenen oder in ihrer neuen Heimat, Mitteleuropa, von den umwohnenden europäischen Dolichozephalen angenommen haben? Höchst verwirrend wirkt es, daß Sergi nun auch diese Brachyzephalen der Sprache zuliebe als europäische Arier bezeichnet. (H. B.). — Er hält für klar erwiesen:

1. Daß die Arier Europas, d. h. diejenigen, die die sogenannte arische Sprache einführten, Brachyzephalen mit kegelförmigem und kugelförmigem oder sphäroidem und platyzephalem Schädel waren;

2. daß die Arier Asiens, sowohl die sog. Inder, die Sanskrit sprachen, als auch die Iranier oder auch jene, die sich der charakteristischen Zendsprache bedienten, Dolichozephalen waren mit elliptisch-eiförmigem Schädel, brauner Hautfarbe, schwarzem oder kastanienbraunem Haar und ebenfalls dunklen Augen;

3. daß wir hieraus logischerweise gefolgert haben, daß die Arier Europas von den Ariern Asiens verschieden sind, oder, wie man zu sagen pflegt, von verschiedener Rasse;

4. daß der skandinavische Typus von großer Statur, mit weißer Haut, blond und blauäugig, unter den Völkerstämmen Asiens, die als Abkömmlinge der Arier anerkannt sind, wie Inder und Iranier, nicht existiert.

Die Völkertafel Sergis umfaßt fünf Menschengenera, zwei ausgestorbene und drei lebende. Die ersteren sind Palaeanthropus (Neandertaler, Krapina, Heidelbergmensch) und Archaeanthropus, letzterer insbesondere durch das 1910 bei Nechochea in Argentinien gefundene Schädeldach repräsentiert. Die drei lebenden Genera sind der Notanthropus, der Heoanthropus, der besonders in Asien zu Hause ist, und der in Amerika heimische Hesperanthropus; sie zerfallen sämtlich in verschiedene Spezies und eine große Anzahl von Variationen (die Einteilung unter Fortlassung der ausgestorbenen Genera s. Anhang).

Sergi bekennt sich also zu einer mehrstämmigen Entstehung des Menschengeschlechts und verteidigt diese Auffassung in einem besonderen Kapitel. Dr. Wieth-Knudson hält den Widerstreit zwischen Polygenismus und Monogenismus keineswegs für unüberbrückbar. Auch ein Monogenist wird zugeben, daß die ältesten Menschenüberreste in Europa sich insbesondere durch ihre hohe Dolichozephalie sowie durch Obergesichts- und Kieferentwicklung deutlich von den entsprechenden in Asien aufgefundenen unterscheiden, daß es also, soweit unsere Kenntnisse zurückreichen, eine wohl charakterisierte Art des Menschen in Europa ebenso lange gegeben hat, wie eine andere in Asien. Anderseits kann man sehr wohl annehmen — wenn man nur genügend weit bis in die Urzeit zurückgeht, wo unsere Kenntnisse versagen — daß diese beiden Arten auf eine gemeinsame Form zurückzuführen sind. Es brauchte derjenige, der trotz dem System Sergis unbedingt an dem gemeinsamen Ursprung aller Menschenarten festhalten will, nur anzunehmen, daß die Familie Hominidae (Menschenartige) einmal in irgend einem Winkel der Erde entstanden ist, und daß im Laufe von ungeheuren Zeiträumen durch Wanderung und Entwicklung, fortschreitend wie rückschreitend, die späteren Genera und die



heutigen Spezies und Varietäten des Menschen sich aus dieser Familie gebildet haben.

Die von Sergi angenommene nahe Verwandtschaft zwischen den kleinen dunklen mittelmeerländischen und den hohen, hellen nordischen Völkern, die manchem überraschend vorkommen mag, scheint Dr. Wieth-Knudson durch von ihm selbst angestellte Studien bestätigt. Bei der Untersuchung einer Reihe von Schwedenschädeln und Sardinierschädeln stellte sich heraus, daß die rein räumlichen Formverhältnisse dieser Schädel, bei allem Unterschied in ihrer absoluten Größe, so auffallend gleichartig waren, daß die Maße des einen Typus durch Multiplikation der entsprechenden Maße des anderen durch eine arithmetische Konstante hätten hergeleitet werden können. Und diesem Größenunterschied kann heute keine Bedeutung mehr beigemessen werden, nachdem die nordischen anthropometrischen Untersuchungen ein beträchtliches Schwanken der durchschnittlichen Körperlänge innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit ergeben haben, wonach also die Körperlänge kein zuverlässiges Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Rassen darstellt. Daß dieses absolute Maß bei Menschen wie auch bei Tieren schon durch die Ernährung leicht beeinflußt wird, macht es für eine systematische Einteilung der Rassen ungeeignet. Der in der verschiedenen Färbung der Haut und der Augen bestehende Unterschied ist durch jahrtausendelange Einwirkung der im Norden und im Süden grundverschiedenen Lichtmassen und der Luft leicht erklärlich, um so mehr, da wir Parallelen dazu in der Tierwelt haben. Nach dieser Auffassung wäre dann der Ursprung des Nordeuropäers aus den Mittelmeergegenden so herzuleiten, daß der Mittelmeermensch, der während der letzten Eiszeit in Südfrankreich das Renntier jagte, zum Teil langsam dem mit dem weichenden Eise nordwärts wandernden Wilde nachrückte, so insbesondere längs der Küste Frankreichs, Hollands, Großbritanniens sich nach Norden und nach dem baltischen Meere ausgebreitet und nach Akklimatisierung daselbst als Nord- oder baltischer Europäer fixiert hat. Seine Stammväter haben sich dagegen am Mittelmeer in mehrere Zweige gespalten, wovon einer der Europaeus italicus (Eurafricanus mediterraneus europaeus nach Sergi) ist. Man darf sich bei Anerkennung dieser Verwandtschaft nicht beirren lassen von den vielen negroiden Zügen, die einem in den älteren wie in den neueren Mittelmeervölkern entgegentreten. Sie sind hauptsächlich der massenhaften Einschleppung der Neger, namentlich in der römischen Kaiserzeit, zuzuschreiben. Der reine Mittelmeertyp, wie wir ihn noch in Mittelitalien und Sardinien finden, hat damit nichts zu tun.

Die Hauptmasse der europäischen Bevölkerung gehört heutzutage zur „alpinen" (turanischen) Rasse, wie die norditalienischen und französischen Messungen längst, die dänischen neulich gezeigt haben und die deutschen in einer hoffentlich nicht mehr fernen Zukunft sicher bestätigen werden. Rein findet sich der arische Typus heutzutage, von den gewaltigen asiatischen, turanischen und mongolischen Völkerwanderungen in kleine Stücke zersprengt, leider nur noch im Norden (Mittelschweden, Ostseeküste bis nach Hannover hinein, nördliche Teile von England) und im Süden, und hier wie dort vertritt er die Nachkommen der Überreste der autochthonen europäischen Urbevölkerung.

Stimmt Dr. Wieth-Knudson in diesem Punkte mit Sergi ganz überein, so verwirft er doch, und dies sicherlich mit Recht, dessen Gedanken, die europäische Urbevölkerung auf Afrika, und zwar auf Zentralafrika, auf das Genus Notanthropus zurückzuführen; sie ist sicherlich von allen Negerartigen ebenso unabhängig wie von allen Mongolenartigen. Von den letzteren unterscheidet der Homo europaeus sich hauptsächlich durch den Bau des Schädels, von den ersteren wenigstens ebenso stark durch die kolossale Abweichung im Bau der Gesichtsteile. Der Weg von der gewöhnlich starken Prognathie der Negerrassen (ein ausgesprochen äffisches Merkmal) bis zum senkrechten Profil des Notanthropus europaeus scheint doch etwas zu weit, als daß man beide Rassen in einer Spezies unterbringen kann. Es scheint Wieth-Knudson besser, die europäische Urbevölkerung als eine besondere Gattung oder Art aufzustellen, die am Mittelmeerbecken ihren Ursitz gehabt und insoweit auch auf der nordafrikanischen Küste gesessen haben mag, aber anthropologisch durch ihren ganzen Körperbau wie geographisch durch die ungeheuren Wüstenstrecken Afrikas völlig von den Negern getrennt ist. Damit ist natürlich die Möglichkeit einer gemeinsamen Abstammung des europäischen Urmenschen (Neandertal) und des Negers nicht ausgeschlossen, sobald man genügend weit in die Zeiten zurückgeht, von denen wir keine sicheren Kenntnisse mehr haben.

Mit Sergi ist Dr. Wieth-Knudson darin einverstanden, daß in Ozeanien Bevölkerungsströme aus den drei alten Weltteilen zusammentreffen. Ja Sergi hat neuerdings entdeckt, daß auch die neue Welt dort in einer recht altertümlichen, großenteils schon ausgestorbenen Menschenspezies vertreten ist, dem Tasmaniertypus (Hesperanthropus tasmanianus), der in vorgeschichtlicher Zeit aus Südamerika auf damals noch vorhandenen Landbrücken nach Ozeanien gelangte (s. unten).

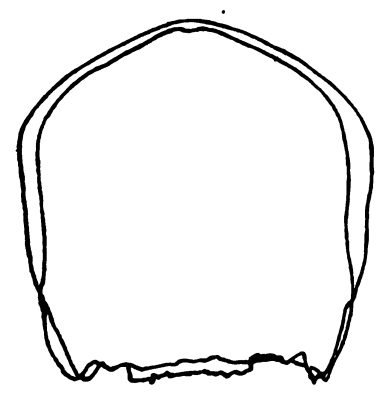
Die Ureinwohner Süd- und Nordamerikas sind nach Sergi autochthon, und zwar sollen alle, auch die Eskimos in Nordamerika, aus Südamerika herrühren; jedoch gibt er zu, daß die Einwanderung nach Nordamerika aus Asien seit uralten Zeiten eine außerordentlich starke gewesen ist. Kann jedoch die Autochthonie des Südamerikaners (älteste Form: Nechochea-Schädel, lebende Form: Patagonier) aufrechterhalten werden, dann kann man allerdings auch eine Verbreitung desselben nach Norden annehmen und gewisse Abweichungen zahlreicher nordamerikanischer Indianerstämme durch Kreuzungen (asiatischen Einschlag) erklären, wie Sergi es auch tut.

Über dieses Standard-Werk von Sergi, sagt Dr. Wieth-Knudson, der ihm in manchen mehr oder minder wichtigen Punkten widersprechen zu müssen glaubt, wird keine naturwissenschaftlich arbeitender Anthropologe hinwegkommen, und ein jeder, Gegner wie Anhänger des von Sergi nach dem Prinzip des großen Schweden Linné bril-



lant ausgearbeiteten anthropologischen Systems, wird aus diesem Buche, von dem eine deutsche Ausgabe sehr erwünscht wäre, denselben Nutzen haben. Dies um so mehr, als Sergi, ohne aus seinen eigenen Anschauungen ein Hehl zu machen, mit bewundernswürdiger Objektivität das ganze Material in allen Einzelheiten darlegt, gestützt auf Hunderte von sonst schwer zugänglichen, weil zerstreuten Abbildungen bald aller Völkerrassen des ganzen Erdenrundes. So schließt denn auch das ganze Buch mit dem schönen, von einem wahren Denker geschriebenen Satze: „Hüten wir uns vor allen Vorurteilen, die in uns gegen unsern Willen leben, und seien wir eingedenk, daß wir über den Ursprung des Menschen nur Hypothesen haben, die veränderlich sind."

Daß Prof. Sergi nach diesem Satze auch zu forschen und zu lehren versteht, zeigt er in der oben erwähnten Arbeit über den Tasmaniertypus, die bald nach seinem großen Werk über den Menschen erschien und in seiner Anschauung über die



Umriß zweier lophozephalen Schädelformen, eines pentagonalen (aus Tasmanien) und einer ellipsoidalen (aus Neupommern).

Südseebevölkerung einen großen Wandel kundgibt. Deshalb sei im folgenden noch in Kürze darüber berichtet.

Die Frage nach der Herkunft und Rassenverwandtschaft der ausgestorbenen Tasmanier versucht er nunmehr in dem Sinne zu lösen, daß er gewisse Bestandteile der Tasmanier und Australier nebst Angehörigen benachbarter Inselgruppen für eine eigene Menschenspezies erklärt, die er Hesperanthropus tasmanianus benennt *).

Prof. Sergi weist zunächst die Ansicht zurück, daß der Tasmaniertypus ein durch Isolierung entstandener, auf die Australier zurückzuführender Insulartypus sei (s. Jahrb. IX, S. 212), ebenso bekämpft er die Ansicht, daß die Tasmanier Melanesier sind, eine Annahme, die den überaus großen Unterschied zwischen der Form des Melanesierschädels und der des Tasmaniers außer acht lasse, ebenso wie einige Charaktere der Hautdecke, z. B. den Bartwuchs, der bei den Tasmaniern stark, bei den Melanesiern kaum in Spuren vorhanden sei.

Eine eingehende Untersuchung des Tasmanierschädels läßt zwei hervorstehende Merkmale erkennen. Zunächst wiegt er mehr als jede andere menschliche Schädelform, was eine Folge der Dicke und Zusammensetzung seiner Knochen ist, bei denen die kompakte Substanz vorwiegt. Im ganzen und von außen betrachtet erscheint der Schädel mit den Gesichtsknochen als roh, mit sichtbaren Vorsprüngen und übertriebenen Höckern. Sergi beschreibt diese Besonderheiten des Tasmanierschädels im einzelnen.

Ein noch eigentümlicheres Merkmal besitzt aber der Tasmanierschädel in einer Erhebung in der Mitte des Schädelgewölbes, die vom Stirnbein etwa in der Mitte seiner Krümmung beginnend die bregmatische Gegend durchläuft und sich bis zu den Scheitelbeinen erstreckt, wo sie als Hügelchen oder in stumpfem Winkel endet. Diese Erhebung, die verschiedene Formen und verschiedene Entwickelung nach Umfang und Höhe zeigen kann, erinnert an die als Lophus bezeichnete Erhebung auf griechischen Helmen und wird von Sergi deshalb als solcher, ein damit versehener Schädel als Lophocephalus bezeichnet. Der Lophus ist fast von allen Beschreibern von Tasmanierschädeln als ein charakteristisches Merkmal dieser Schädel beschrieben worden. Er ist von grundlegendem Unterschied und tritt nur bei dieser Menschenvarietät und bei einer zweiten auf, die aber zu der ersteren eine innige Beziehung haben muß. Von 49 in einer Abhandlung von Berry und Robertson beschriebenen brauchbaren Schädeln zeigten 38 das Unterscheidungsmerkmal des Lophus, während 11 es vermissen lassen. Es sei jedoch bemerkt, daß dieses Merkmal nicht das einzige ist; es ist vielmehr mit vielen anderen, teilweise schon erwähnten verknüpft. In Tasmanien überwog also der Tasmaniertypus, der die Insel aber nicht ausschließlich bewohnte. Es gab offenbar Mischungen, die, nach dem kleinen Untersuchungsmaterial zu urteilen, in der Minderzahl waren und noch nicht ein Viertel der Bevölkerung ausmachten.

Was dieser Lophus bedeuten soll, welche Funktion und was für einen Wert er hat, dafür konnte Prof. Sergi keine Erklärung finden. Jedoch erweist dieses morphologische Merkmal sich als geeignet zum Leitfaden für die Lösung der Tasmanierfrage, und dies um so mehr, als es weder beim asiatischen noch beim afrikanischen Menschengenus vorkommt.

Ein weiteres Umherforschen Sergis ergab, daß der Typus des Tasmanierschädels, der lophozephale Schädel, auch in Australien sehr verbreitet und gewöhnlich ist. Er findet sich dort in jeder Gegend vor. So erhalten wir also das wichtige Resultat, daß Australien und Tasmanien, wenigstens bei der ursprünglichen Bevölkerung beider Gegenden, einen gemeinsamen Volkstypus hatten. Dies Ergebnis erscheint übrigens logisch und natürlich; denn es wäre unmöglich anzunehmen, daß eine Menschenvarietät, ebenso wenig eine andere Säugetierart, nur auf Tasmanien beschränkt sein sollte.

Die Durchforschung des Schädelmaterials aus den Gegenden nördlich, östlich und südlich vom Australkontinent ergab weiter, daß die Verbreitung

*) Archiv f. Anthropologie, Bd. XI (1912), Heft 3.

dieses tasmanisch-australischen Schädeltypus, des lophozephalen, eine sehr weite ist, wenn die äußersten Gegenden und die Grenzen der Zonen, wo er bisher gefunden wurde, ins Auge gefaßt werden: nämlich in nordsüdlicher Richtung von Hawaii bis zu Neuseeland, in ostwestlicher von Australien bis zur Osterinsel. Allerdings ließ sich der lophozephale Typus außer in Tasmanien und Australien nur in Neupommern, auf den Inseln d'Entrecasteur, Woodlark, Hervey, Tahiti, Markesas, Osterinsel, Neuseeland, Chatham bis zu den Hawaiinseln, aber noch nicht auf den übrigen Eilanden des Großen Ozeans zwischen Australien und Tahiti feststellen. Höchstwahrscheinlich wird er aber auch hier zu finden sein; denn wenn es eine Wanderungsströmung nach Australien gab, die Spuren in den Markesas-, Tahiti- und Hawaiinseln zurückließ, so müssen Spuren davon auch in den zwischenliegenden Inseln zurückgeblieben sein.

Wie entstand der lophozephale Schädel, woher mag er gekommen sein? Um dieses Problem, wenn auch nur in Hypothesenform, zu lösen, muß in den verschiedenen Erdteilen ermittelt werden, wo diese Schädelform, wenn auch stark verändert, vorkommt. Denn es ist undenkbar, daß eine Menschenart in einer Gegend entstand, wo das Plazentarsäugetier fehlt, wo die Form noch die primitiven Merkmale des Beutelsäugetiers hat und der Zoologe nicht einmal einen Primaten zu vermuten wagt. In Afrika kommt nach den Forschungen Sergis der lophozephale Typ ebenso wenig vor wie in Asien. Als Vaterland dieser Form bleibt dann nur Amerika übrig, und tatsächlich ließ sich durch Analyse der südlich- wie nördlich-amerikanischen Schädel ausführlich zeigen, daß das Merkmal der Lophozephalie sowohl beim ältesten wie beim neueren Schädel von Amerika vorwiegt. Er ist bei vielen prähistorischen Schädeln zu finden, und Sergi hat in seinem letzten Werke das Vorkommen des lophozephalen Typus in Amerika als ein charakteristisches Merkmal des Genus Hesperanthropus eingehend dargelegt. Unter den neueren amerikanischen Schädelformen ist der Schädel, der die ältere Gestalt am meisten beibehalten hat, der der Eskimos, weshalb Sergi letztere als die wirklichsten Amerikaner unter den heute lebenden Amerikanern bezeichnet. Obwohl zwischen dem amerikanischen und dem ozeanischen lophozephalen Typus Unterschiede bestehen, fand Sergi doch zu seiner Überraschung Schädel aus Tasmanien und anderen Gegenden des Großen Ozeans, die Eskimoschädeln zum Verwechseln ähnlich sehen.

Aus diesem Grunde taucht der Gedanke auf, daß der Ozeanierlophozephale amerikanischen Ursprung hat. Nach einer ausführlichen Erörterung der südamerikanischen menschlichen und vormenschlichen Fossilreste kommt Sergi zu dem Schluß, daß ein Menschenzweig von dem amerikanischen Genus Hesperanthropus sich trennte und sich im Stillen Ozean ausbreitete, durch die Erwerbung neuer Merkmale und den Verlust einiger anderer im Laufe vieler Jahrtausende zu einer neuen wahren Art, dem Homo tasmanianus, gelangend. Die Einwanderung erfolgte zu einer sehr alten und vorläufig nicht genau feststellbaren Zeit, etwa gegen Ende des Tertiärs oder im alten Quaternär; sie erstreckte sich auf jene so weite Zone, wo wir die Überbleibsel gefunden haben, natürlich zu verschiedenen Zeiten, wie es für die Zerstreuung des Stammes nötig war. Diese Menschenvarietät soll nicht nur Neuseeland, Tasmanien und Australien, sondern auch einige oder alle der Inseln zwischen Hawaii und Neuseeland, Neuseeland und Tahiti, Tonga, Markesas, Neupommern, selbst die Chathaminseln bis zu der einsamen Osterinsel besetzt haben. Sie soll also die älteste, ja sogar die primitive Schicht der Völker des Stillen Ozeans gebildet haben.

Diese Menschenvarietät, deren Skelettmerkmale Prof. Sergi eingehend beschreibt (l. c., S. 211), hatte im allgemeinen ein nicht sehr glückliches Schicksal. Abgesehen von Australien und Tasmanien, wo sie in ziemlich reinem, ursprünglichem Zustande bis in unsere Zeit überlebte, wurde sie durch andere menschliche Einwanderungen ihrer Wohnstätten beraubt und entweder ausgerottet oder mit den Eindringlingen unter Erzeugung von Bastarden vermengt. Zwei afrikanische Menschenvarietäten, die Polynesier und die Melanesier, wurden dem Homo tasmanianus in dieser Weise gefährlich. Auch in Australien wanderte ein polynesisches Element ein, ihm schreibt Sergi die Abweichung in der Haarform zu, die bei den Australiern großenteils kymotrich ist, während die Tasmanier helikobostryche Haare besitzen (kymotrich = wellhaarig, wellig; helikobostrych = krauswollig, geringelt).

Prof. Sergi gibt zwar zu, daß seinen Ausführungen noch manche Unsicherheit anhafte; er glaubt jedoch, daß die Zoologen und Paläontologen ihm im Ganzen zustimmen werden, während mancher Anthropologe Einwendungen erheben wird.

Sehr interessant sind im Anschluß hieran die folgenden Ausführungen Giuffrida Ruggeris*) über den Ursprung der Leukodermen, der weißhäutigen Menschen. Wie manche Eiszeitforscher behaupten, und wie man nach den Pflanzenresten im Magen vieler Mammute urteilen muß, war in der Nacheiszeit das Klima Sibiriens wärmer als gegenwärtig. Der Mensch konnte sich damals über das weite Gebiet ganz Mittel- und Nordasiens ausbreiten. Als dann aber im Zentrum die Austrocknung und im Norden die Erkaltung überhandnahm, mußten die Stämme, die sich dort gebildet hatten, großenteils auswandern. Dieser Auszug aus Sibirien, wie ihn J. de Morgan genannt hat, der ihn nach Europa gerichtet sein läßt, kann auch Arabien und später Nordafrika erreicht haben, kurz alle Länder, die mit Leukodermen besetzt sind, jenen Menschen, die Ruggeri in seiner Ordnung der Hominidae als Homo sapiens indo-europaeus bezeichnet hat.

Wahrscheinlich wurde dieser Weg mehrmals durchlaufen. Die ägyptische Überlieferung vom südlichen Ursprung der ersten Ägypter könnte die arabische Herkunft jener Leute anzeigen, die die Kultur der Pharaonen brachten. Aber in noch älterer Zeit waren schon auf dem Wege über die

*) Peterm. Mitteilungen, 60. Jahrgang 1914, Febr.-Heft.

Landenge von Suez die Weißhäutigen der jüngeren Steinzeit eingedrungen und hatten die ganze Mittelmeerküste Afrikas besetzt, gemeinsam mit dort vorgefundenen älteren nicht weißhäutigen Einwohnern, wahrscheinlich von jenem vorhamitischen Typus oder Schlag, den **Ruggeri** den äthiopischen nennt und bei den vordynastischen Ägyptern mit den längeren Schädeln (Inder um 78) wiederfindet. Die vordynastische Kultur, hauptsächlich aus den Begräbnisgebräuchen ersichtlich, zeigt sich verwandt einerseits mit jener der Libyer, anderseits mit jener des benachbarten Asiens, die auch der Jungsteinzeit und den Dolmen angehört. Funde und Ausgrabungen zeigen, daß Nordwestasien in alter Zeit keine kurzschädelige Bevölkerung mongolischen Schlages gehabt haben kann.

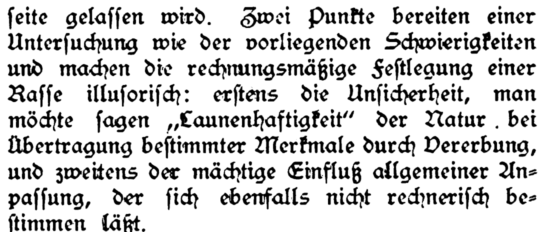
Angesichts der angedeuteten klimatischen Bedingungen ist es nicht unwahrscheinlich, daß zur Zeit, da die Temperatur milde war und Iran zwar sein Eiskleid verloren hatte, aber noch nicht ausgetrocknet war, eine Kolonne weißhäutiger Menschen nach Elam und in das mesopotanische Tal hinabgestiegen sei und von dort aus gemächlich das Mittelmeer und Arabien erreicht habe, da ja die Zwischengebiete noch nicht wüst und ungastlich waren.

Gleichzeitig oder später erfolgte der von de **Morgan** vermutete Auszug aus Sibirien, aber auf einem andern Wege, indem der Zug nördlich des Baltischen Meeres verlief, in dessen Nachbarschaft sich so der Mittelpunkt der arischen Sprachen und des blonden Schlages gebildet haben kann, der auch ins Mittelmeergebiet und nach Afrika gewandert sein mag. Bezüglich der kurzschädeligen Abarten des gleichen Schlages (H. s. indo-europaeus brachymorphus alpinus, armenicus und pamiriensis) ist **Ruggeri** der Meinung, daß der weißhäutige Kurzschädel mit dem mongolischen Kurzschädel nichts gemein habe als den horizontalen Umriß der Schädelkapsel, was doch zu wenig sei, um sie zusammenzuwerfen. Diese Schwankungen in der Richtung auf den Kurzschädel sind im Schoße des weißhäutigen Schlags an vielen Punkten aufgetreten.

Rassenmischung.

Rückblicke auf die **Ergebnisse der Rassenmischung** in verschiedenen Ländern bietet der Berliner Anthropologe Prof. Dr. G. **Fritsch**, und zwar nicht vom Standpunkte des wirtschaftlichen Interesses der Kolonien, zur Verteidigung oder Bekämpfung der Mischehen, sondern vom allgemein ethnographisch-anthropologischen Gesichtspunkt aus, mit besonderer Berücksichtigung der geschichtlichen Tatsachen *).

Was ist nun eine **Rasse**? Prof. **Fritsch** versteht darunter bei Tier und Mensch größere oder kleinere Gruppen von Individuen, die in gewissen, häufig sehr auffallenden Merkmalen übereinstimmen und diese Merkmale mit ungleicher Sicherheit auf ihre Nachkommen vererben; wobei die Herkunft der Rasse oder ihre Entstehung bei-


seite gelassen wird. Zwei Punkte bereiten einer Untersuchung wie der vorliegenden Schwierigkeiten und machen die rechnungsmäßige Festlegung einer Rasse illusorisch: erstens die Unsicherheit, man möchte sagen „Launenhaftigkeit" der Natur bei Übertragung bestimmter Merkmale durch Vererbung, und zweitens der mächtige Einfluß allgemeiner Anpassung, der sich ebenfalls nicht rechnerisch bestimmen läßt.

Beide Momente stehen offenbar in einem inneren Verhältnis zueinander, indem **die Merkmale** sich am sichersten und leichtesten vererben, die günstig für die allgemeine Anpassung wirken. Dazu müssen jedoch noch andere, durch die Rücksicht auf Anpassung nicht zu erklärende Gründe hinzukommen, welche die Zähigkeit der fortdauernden Vererbung von Merkmalen bewirken, die im Kampfe ums Dasein scheinbar unwesentlich sind. Ohne den mächtigen Einfluß dieser Einwirkungen wäre das noch heutigentags kenntliche Rassenbild unserer europäischen Bevölkerung überhaupt undenkbar. Wenn man die Entwicklung dieser Bevölkerung bis in die vorgeschichtliche Zeit hinein verfolgt und feststellt, wie Europa, diese kleine Halbinsel Asiens, seit Jahrtausenden der Tummelplatz mannigfacher Rassen gewesen ist, die kamen und gingen, häufig ohne bemerkenswerte Spuren ihres Daseins zu hinterlassen, so kann von „Reinheit der Rassen" keine Rede sein.

Ein einziger brauchbarer Anhalt in unsern nordischen Breiten ist das Auftreten von gewissen Merkmalen, wie kräftiger hoher Körperbau, helle Hautfarbe, blonde Haare und blaue Augen, Merkmale, die unzweifelhaft auf eine mit der Anpassung zusammenhängende **Beständigkeit der Charaktere** deuten; dies beweist ein Vergleich mit den südlicheren Breiten. Hierher hat der Norden im Verlauf der Geschichte massenhaft Bevölkerungselemente des geschilderten Charakters abgegeben, ohne daß dies eine dauernde Veränderung des südlichen Typs hervorgerufen hätte; hier blieb vielmehr der brünette Typus mit braunen Augen, dunkler Hautfarbe und schwarzen Haaren vorherrschend. Hier tritt also bei Veränderung der äußeren Verhältnisse und des Klimas für die Eingewanderten das Gesetz der allmählichen **Divergenz der Charaktere** in Kraft; die bis dahin zusammengehörenden und zusammenhaltenden Merkmale treten auseinander und der Bevölkerungstypus gestaltet sich um.

Ein von Prof. **Fritsch** vorgenommener Rückblick auf die Herkunft der germanischen Rasse läßt das, was man gewöhnlich unter „Reinheit der Rasse" versteht, in eigentümlichem Lichte erscheinen.

Der Mensch ist im mittleren Europa jedenfalls schon vor der letzten, wenn nicht gar schon vor der vorletzten Eiszeit aufgetreten, und zwar in einer mit niedrigen Merkmalen ausgestatteten Form, die nichts weniger als deutschen Typus trug (Homo Mousteriensis). Außer dieser als Vorläufer der Neandertalrasse erscheinenden Form entwickelten sich, z. T. durch Einwanderung von Südosten her, mindestens drei Urrassen in dem allmählich für Menschen bewohnbar werdenden Europa: der kurzköpfige Homo alpinus, die Cro-

*) Petermanns Mitteilungen, 59. Jahrgang (1913), April-Heft.



magnon-Rasse mit wohlgebildetem Schädel und der hochgewachsene, großhirnige Mittelmeerländer (Homo mediterraneus).

Dem zurückweichenden Eise folgten die Renntier- und Mammutjäger, die wohl dem Homo alpinus nahestanden und eine von C. Vogt als „Steinlappen" bezeichnete Rasse darstellen (Homo finno-laponicus). So war, während der Norden Europas, also ganz Skandinavien, noch tief im Eise begraben lag, das bewohnbare Gebiet des Erdteils beim Aufhören der letzten großen Eiszeit bereits von verschiedenen Rassen durchzogen.

Von diesen Rassen kann nur der Homo mediterraneus verwandtschaftliche Beziehungen zu urgermanischen Stämmen gehabt haben, da die physischen Merkmale der anderen zu sehr abweichen. Die altägyptischen Quellen geben genauen Anhalt dafür, daß in sehr früher Zeit wandernde Stämme von Osten her am Südufer des Schwarzen Meeres entlang und dann um Kleinasien herum zu Lande und zu Wasser gegen Ägypten vordrangen, zu Lande in hochrädrigen Ochsenkarren, zur See auf kleinen Drachenschiffen vom Typus der Wikingerschiffe. Ramses III. (um 1200 v. Chr.) besiegte und unterwarf sie, siedelte manche an, nahm andere in Kriegsdienst. Auf den hieroglyphischen Abbildungen tragen diese mit Bärten versehenen Krieger eine gehörnte Pickelhaube, führen ein breites Bronzeschwert von typischer Gestalt und runde Buckelschilde. Obgleich den Angehörigen dieser Völker keine Schwierigkeiten hinsichtlich der Verheiratung mit ägyptischen Frauen gemacht wurden, ist ihr Einfluß auf die ägyptische Rassenbildung nicht merklich hervorgetreten. Das südliche Klima war ihren Merkmalen nicht günstig.

Es waren, wie hieraus hervorgeht, schon damals, als der Norden Europas vereist oder wenigstens versumpft war, im westlichen Asien wohlgebildete, bereits in die Anfänge der Kultur eingetretene Bevölkerungen, die Veranlassung hatten, ihre überschüssige Kraft gegen den Westen vorzuschicken. Jedenfalls sind ebenso wie im Süden des Schwarzen Meeres auch im Norden desselben Einwanderungen von Urgermanen — dafür hält Prof. Fritsch jene Eindringlinge — von Asien her in das trockener werdende Europa erfolgt, oder sie sind von den Küsten des Mittelmeeres her zu Schiff bis in die Ostsee gelangt, wo sie im südlichen Skandinavien sich Wohnsitze erobert haben werden (Gotland).

Im Inland hat die Einwanderung für große Gebiete gewiß den Charakter eines stoßweisen Vordringens gehabt; denn wenn die germanischen Einwanderer zweifellos auch stets als Herrennation erschienen sind, so werden sie sich mit den bereits vorhandenen, niedriger stehenden Einwohnern doch auseinandergesetzt haben. Vermischungen mit deren versprengten Resten werden nicht ausgeblieben sein. So erklärt es sich z. B. auf die natürlichste Weise durch Atavismus das Auftreten neandertaloider Merkmale bis hinein in die historische Zeit, wie sie z. B. der von R. Virchow beschriebene dänische Edelmann Kei-Lükke im Schädelbau zeigte.

Es treten nun auch noch weiterhin andere Nationen in denselben Wohnsitzen mit den Germanen in Wettbewerb, slawische Stämme, das jüdische Bevölkerungselement; überall sind ausgedehnte, zahlreiche Mischungen der Rassen zu verzeichnen, die Nationen gleichsam infiltrierend, und einigermaßen verwundert fragt man sich unter solchen Verhältnissen: Wo bleibt da die reine deutsche Rasse? Die Sache würde noch viel verwunderlicher erscheinen, wenn nicht die den nordischen Breiten angepaßten Merkmale durch ihre größere Neigung zur Vererbung immer wieder auftauchten. Unerklärt bleibt die außerordentliche Zähigkeit der Vererbung von Merkmalen der jüdischen Rasse, da diese nichts mit der allgemeinen Anpassung zu tun haben.

Wesentlich anders gestaltet sich das Bild der Rassenmischung, wenn wir die romanischen Länder ins Auge fassen. Hier tauchen die germanischen Bevölkerungselemente gleichsam unter im Strom der Zeiten, um nur als spärliche Rückschläge gelegentlich wiederzuerscheinen, wenn auch der Einfluß der Blutmischung im allgemeinen nicht zu verkennen ist. Ludwig Woltmann (Politisch-Anthropologische Revue) hat sich der Mühe unterzogen, dem Deutschtum unter den großen Männern Italiens und Frankreichs nachzugehen, und dabei eine Fülle bemerkenswerter Tatsachen zu Tage gefördert. Dennoch war seine Schlußfolgerung, alle Personen dieser Länder, in deren Familien sich ein Einschlag deutschen Blutes nachweisen läßt, als Angehörige der deutschen Nation zu beanspruchen, offenbar irrig, da in den ermittelten Fällen nirgends der Zutritt anderen Blutes neben dem deutschen ausgeschaltet werden konnte. Nicht daß deutsches Blut das allein seligmachende Element sei, beweist seine Forschung, sondern gerade umgekehrt, daß man von der Vermischung edler, gut zueinander passender Rassen besonders günstige Ergebnisse erwarten darf. Hierin liegt der springende, viel zu wenig beachtete Punkt in der Beurteilung der Rassenmischung.

Kein Land bietet wohl einen so günstigen Boden zu Studien über Rassenmischung wie Afrika; dies liegt einmal in der Mannigfaltigkeit der Elemente, die hier zusammentrafen, und dann in der lockeren Verteilung über den Bodenraum im Unterschied von dem übervölkerten, mit Menschen verschiedener Herkunft vollgestopften Europa.

Den zentralen Teil des afrikanischen Kontinents erfüllten seit Urzeiten nigritische Bevölkerungen, deren Verbreitung vor dem Untergange des mythischen Lemuriens sich weiter ostwärts über den jetzigen Indischen Ozean hinweg bis tief hinein in den malaiischen Archipel ausgedehnt haben muß. In geschichtlicher Zeit erscheinen sie uns als eine kompakte Masse, von der weitere Ausstrahlungen nach verschiedenen Richtungen stattfanden.

Von den Mittelmeerküsten, von denen die früheste Kulturentwicklung Europas ihren Ausgang nahm, trennte die unbewohnbare Sahara sie fast in der vollen Breite des Kontinents. Nur die Ostecke gestattete innige Berührungspunkte der verschiedenen Bevölkerungselemente Afrikas und Westasiens, und Ägypten wurde so zu einem Knotenpunkt des Rassenverkehrs. Gleich-



wohl blieb auch hier das nigritische Volkselement in frühester Zeit zurück hinter den mannigfachen anderen Volkselementen, die als Grundlagen der hier entstehenden hochbegabten Kulturrasse der Retu (Altägypter) anzusehen sind; wohl aber trat die in den hieroglyphischen Texten als „Buschvolk" bezeichnete, über den ganzen Kontinent versprengte Urrasse (die afrikanischen Pygmäen?) in Wettbewerb mit den anderen Grundbestandteilen der Retu. Jedenfalls sind sehr beträchtliche, in der Kultur schon weit vorgeschrittene Zweige westasiatischer Völker nach Ägypten übergetreten, sowohl der semitischen wie der sanskritischen Völkerfamilie, und so entstand das ägyptische Kulturvolk, das in seiner erstaunlichen Leistungsfähigkeit und seinen hohen Talenten den besten Beweis gegen die Behauptung von der Unfähigkeit der Mischrassen darstellt. So wenig wie die germanischen Rassen im nordischen Inlandeis entstanden sind, so wenig ist die hohe Blüte ägyptischer Kultur ohne Einwirkung fremder Elemente am Nil wie ein von der Sonne ausgebrütetes Krokodilsei entstanden.

Erst mit dem Verfall des mittleren Reiches (etwa um 1650 v. Chr.) brechen nigritische Stämme in immer stärkeren Haufen in Ägypten ein und reißen vielfach, wenigstens in Oberägypten, die Herrschaft an sich. So wird der Boden geebnet für die Entstehung der immer stärker im östlichen Sudan sich ausbreitenden Stämme, die von modernen Autoren mit dem äußerst unglücklich gewählten Namen der „Hamiten" belegt worden sind. In den südlichen Ländern wird die Übermacht des nigritischen Blutes auch die ihrem Ursprung nach anders gearteten Stämme mehr und mehr „vernegern", während die Sprachen noch an die „hamitischen" deutlich anklingen. Dieser Vernegerungsprozeß würde sich gewiß auch im Norden zurzeit stärker bemerkbar machen, wenn dort nicht durch die historische Entwicklung ein neues Reis auf den alten Stamm gepfropft worden wäre. Das Eindringen der Araber in Ägypten wiederholt seinem Wesen nach politische Vorgänge, die sich auch in vorgeschichtlicher Zeit abgespielt haben werden; es äußert in unverkennbarer Weise seinen Einfluß auf das Gesamtaussehen der heutigen Bevölkerung. So entsteht vor unseren Augen eine neue Mischrasse, die ägyptisch-arabische, die berufen erscheint, die alte Rasse der Retu ganz auszulöschen. Man kann nicht behaupten, daß sie körperlich oder geistig minderwertig sei, wenn auch die ganze Entwicklung des modernen Ägyptens ihnen die Möglichkeit zur Ausbildung besonderer Talente stark beschneidet.

Wenden wir, die südafrikanischen Probleme übergehend, den Blick auf den asiatischen Kontinent, so finden wir hier eine Rassenverteilung, deren Entstehung sich in eine so dunkle Vorzeit verliert, daß ein einwandfreier Einblick in sie kaum zu erhoffen ist. Nach Prof. Fritsch' Ansicht hat die Mythe nicht ohne einen gewissen inneren Grund die Wiege unseres Geschlechts in diese Länder verlegt, wenn auch dabei nicht ausgerechnet das Gebiet zwischen Euphrat und Tigris, das biblische Paradies, in Frage zu kommen braucht. Unzweifelhaft bildeten sich in den weiten Landstrichen südlich des Himalaja bis hinein in die ferne Inselwelt des Ostens in den Urzeiten menschliche Formen aus, die mit bestimmten gemeinsamen physischen Merkmalen ein ähnliches geschlossenes Ganzes bildeten wie die nigritischen Völker im zentralen Afrika. Bemerkenswerterweise ist der einzige bisherige Fund, der auf die Vorläufer der menschlichen Form einiges Licht wirft, der Pithecanthropus erectus, gerade im malaiischen Archipel gefunden worden. Sehr früh wird schon, was bei der Ausdehnung des Gebietes nicht wunderbar war, eine schärfere Gruppierung der Stämme eingetreten sein; in der hier ja bereits ziemlich weit zurück reichenden Geschichtsüberlieferung treten uns schroff abgegrenzte, sich feindlich gegenüberstehende Völkerkreise entgegen.

Unter diesen bilden jedenfalls die arischen Völker einen gewissen soliden Kern, um den sich die anderen unter verschiedenen fremden Einflüssen gruppieren. Am wichtigsten, aber auch am dunkelsten erscheint dabei das Verhältnis der semitischen Völker zu den arischen. Es fehlt jeder Anhalt dafür, durch welche Einflüsse bei den Semiten die Summe der besonderen, in der Vererbung so zäh festgehaltenen Merkmale entstand.

Das Verhältnis zwischen Ariern und Semiten ist ethnographisch etwa ebenso zu bewerten wie das zwischen den germanischen und slawischen Stämmen, deren augenblickliche Verschiedenheit auch nicht als Beweis für das Hervorgehen aus gänzlich verschiedenen Wurzeln betrachtet werden darf.

Leichter zu verstehen ist die Erscheinung der turanischen Völker, die jedenfalls Gelegenheit hatten, zu ihrem arischen Grundstock — abgesehen von Elementen der Urbevölkerung — Beimischungen des nordhimalajischen Bevölkerungskreises in sich aufzunehmen. Durch das Vordringen der von ihnen sich abzweigenden ugrischen Stämme, der Madjaren, nach Südosteuropa, ist dort ein Zentrum für Rassenmischung entstanden, deren Ergebnisse vor unseren Augen liegen. Nach allen alten Berichten waren die Hunnen, die Vorläufer der Madjaren, ein hervorragend häßliches Volk; ihre Nachkommen aber, die nun reichlich germanisches und semitisches Blut in sich haben, zeichnen sich, besonders im weiblichen Geschlecht, durch ebenmäßigen Wuchs und ansprechende Gesichtszüge aus.

Indien war jedenfalls stark mit Urbevölkerungen durchsetzt, als die arischen und später auch semitische Stämme von Norden her einbrachen. Selbst Abzweigungen der negritischen Völker mögen in den südlichsten Bezirken Asiens mit in Frage kommen und Spuren ihrer einstigen Anwesenheit in den Dravidavölkern hinterlassen haben. Wenn also auch die heutige indische Bevölkerung ihren arischen Ursprung noch immer deutlich erkennen läßt, so macht sich doch die Vermischung mit Resten der Urbevölkerung und die Anpassung an das tropische Klima durch die Mannigfaltigkeit des Habitus und der Hautfärbungen deutlich erkennbar. Die Dichtigkeit der Bevölkerung Indiens und ihre Widerstandsfähigkeit gegen schwere Schicksalsschläge, Hungersnot und Pest, zeigen offenbar, daß hier die Rassenmischung der Lebenszähigkeit keinen Eintrag getan hat.

Beim Vordringen gegen Hinterindien und weiter nordöstlich gewinnt der Einfluß zentralasia-

tischer, mongolischer Völker immer mehr an Bedeutung. Man kann hier von einer fortschreitenden „Mongolisierung" der Bevölkerung sprechen, wie in Afrika von einem Vernegern der äthiopischen Stämme. Es entstand durch die Vermischung die große Gruppe der indochinesischen Bevölkerung, von Birma anfangend, hinauf nach Tibet, Tongking, Kambodscha, Anam, bis in die auch schon stark gemischten eigentlichen Chinesen hinein, überall mit einem starken Einschlag von Urbevölkerungen. Beim Verlassen des Kontinents verliert aber der Anthropologe sozusagen den Boden unter den Füßen; die Angaben derer, die hier überall Malaien suchen und sehen, setzen sich mit notorischen Tatsachen in schreienden Widerspruch. So z. B., wenn man die Batta auf Sumatra als „Urmalaien" bezeichnet, während sie nach den historischen Quellen auf Indien zurückzuführen sind. Gerade die sog. „malaiische Rasse" zeigt durch die außerordentliche Verschiedenheit im lokalen Habitus die große Biegsamkeit einer Mischrasse. Die Stämme, die nach *Blumenbach* den Kern dieser Rasse bilden, wie Javaner, Dajaker, Buginesen, Ozeanier usw. gehören gar nicht dazu. Will man eine logisch denkbare Lösung in diese verworrenen Verhältnisse bringen, so wird man sich auf sehr weit in die Vorzeit hineinreichende Annahmen stützen müssen.

Vermutlich sind Abzweigungen der asiatischen Stammrasse in Zeiten, die weiter zurückliegen, als sich durch uns bisher bekannte Tatsachen auch nur andeutungsweise begründen läßt, durch den ganzen Archipel bis hinein nach dem noch im diluvialen Zeitalter wahrscheinlich viel ausgedehnteren und zusammenhängenderen Ozeanien vorgedrungen. Tatsache ist es, daß die Bevölkerungen der bezeichneten Gegenden bis hinein nach Samoa in ihrer physischen Natur unseren Rassen nicht so fernstehen, wie häufig angenommen wird.

Den Negern und den nordamerikanischen Indianern als „reinen Rassen" scheint kein nennenswerter Aufstieg beschieden zu sein. Die selbständigen Negerstaaten, Haiti, Liberia, sind Zerrbilder der Kultur. Sehr bemerkenswert erscheint Prof. *Fritsch* die weiße Bevölkerung Nordamerikas vom Standpunkt der Rassenmischung aus. Der objektive Beschauer kann nicht zweifeln, daß sich hier vor unseren Augen, aus unglaublich vielen Elementen zusammengeschweißt, die Bildung einer neuen Rasse, des *amerikanischen Kulturmenschen*, vollzieht. Diese zweifellose Mischrasse trägt den Stempel der Degeneration durchaus nicht stärker als irgend ein anderes Kulturvolk an sich. Die Rassenmischung scheint hier ersichtlich zu einer Steigerung der Energie und geistigen Leistungsfähigkeit geführt zu haben, die ihrer Heimat die ehrende Bezeichnung des „Landes der unbegrenzten Möglichkeiten" eingetragen hat. Auch die körperliche Entwicklung beginnt einen eigenartigen, beim männlichen Geschlecht etwas eckigen Charakter anzunehmen (s. Jahrb. V, S. 124); für das weibliche Geschlecht wird man die Erscheinung des sogenannten „gibson girl" als eine wohlgefällige Verkörperung des amerikanischen Typus ansprechen dürfen.

So gehen überall in der Welt in immer sich steigernder Raschheit Rassenmischungen vor sich, und es erscheint aussichtslos, ihnen auf die Dauer einen Damm entgegensetzen zu wollen. Freilich ist damit nicht gesagt, daß wir eine unliebsame, für das eigene Volk als schädlich erkannte Vermischung auch noch durch öffentliche Maßregeln fördern sollen. Es bleibt jedoch der nicht zu verachtende Trost, daß *nicht jede Rassenmischung mit Notwendigkeit eine Verschlechterung* bedeutet, und daß manche Beimischungen durch die erleichterte allgemeine Anpassung an die Lebensbedingungen günstigere Existenzbedingungen für die Nachkommenschaft zu schaffen vermögen.

Einen hervorragenden Beitrag zu der obigen Frage hat Eugen *Fischer* in einem großen Werk über eine im Gebiet Deutsch-Südwestafrikas lebende Mischrasse, *die Rehobother Bastards*, geliefert *). Diese erst um 1870 in das deutsche Gebiet übergetretene Mischbevölkerung, übrigens stets zuverlässige Freunde Deutschlands in allen Herero- und Hottentottenkämpfen, ist aus rechtmäßigen Ehen zwischen Kapburen (meist holländischer oder niederdeutscher Herkunft) und Hottentottenfrauen hervor-



Bastardfrau Sophie von Wyk.



Bastardbursche Ari Steenkamps.

gegangen, hat sich von der übrigen Bevölkerung abgesondert und zu eigenen Verbänden zusammengeschlossen. Eine für die Untersuchung besonders günstige Gruppe bildet die etwa 2500 bis 3000 Menschen umfassende „Nation der Bastards" von Rehoboth. Sie ist die Nachkommenschaft solcher Buren-Hottentotten-Bastards ersten Grades, die unter einander geheiratet und sich von weiterer Vermischung ziemlich rein gehalten haben, besteht also jetzt aus Bastards höherer Grade. Bei der Entstehung des Völkchens war von vornherein nur eine beschränkte Anzahl Familien beteiligt, die untereinander heirateten, so daß natürlich vielfache Verwandtenehen vorkamen. Gelegentlich heirateten später noch männliche (europäische) oder weibliche (hottentottische) neu hinein, es kam also auch zu Aufkreuzungen nach dieser oder jener der beiden Stammrassen. Auch diese Einschläge haben sich wie die ganze lückenlose Abstammung bis zu den reinrassigen Ahnen fast durchweg feststellen lassen.

Prof. *Fischer* hatte nun festzustellen, wie sich in dieser ihrer Entstehung nach völlig bekannten Mischbevölkerung die verschiedenen Eigenschaften der beiden Stammrassen verhielten. Das wichtigste Ergebnis ist, daß die Vererbung der beiderseitigen

*) E. Fischer, Die Rehobother Bastards und das Bastardierungsproblem beim Menschen. Jena, G. Fischer, 1913.

Rassenmerkmale alternativ, und zwar nach den Mendelschen Regeln erfolgt. Das ließ sich für die Haarform, für Haar-, Augen und Hautfarbe, Nasenform, Form der Lidspalte, Stirnbreite u. a. nachweisen, für viele andere Merkmale wenigstens wahrscheinlich machen. Sehr deutlich zeigt sich das „Mendeln" z. B. bei der Stirnbreite (im Verhältnis zur Jochbogenbreite). Die breite europäische Stirn ist dominant über die charakteristische Hottentottenstirn. Aus Ehen von Bastarden mit intermediärer (in der Mitte liegender) Stirnform gehen Kinder hervor, deren Stirnbreiten die Extreme der Stammrassen erreichen; die Maximalwerte scheinen bei Bastards sogar höher zu sein als bei Europäern.

Bei den Bastards vererben sich die einzelnen Merkmale unabhängig voneinander. Da gehen z. B. hottentottisch geformte Nase und europäisch geformte Lippen, krauses Haar und großer Körperwuchs usw. friedlich in dasselbe Individuum ein, je nach Zufall. Man findet also in der Mischlingsbevölkerung wohl alle Rassenmerkmale wieder, aber nicht mehr ihre bestimmte, für die Rasse typische Kombination. Es erfolgt ein buntes, stets wechselndes Gemisch von Rassenmerkmalen. Ein intermediärer, d. h. in der Mitte zwischen beiden Rassen liegender Typus ist so gut wie nie entstanden, nur einzelne Merkmale zeigen intermediäre Formen.

Interessant ist, daß sich keinerlei schädlicher Einfluß der doch sehr starken Inzucht geltend macht; das Bastardvolk erfreut sich vielmehr völliger körperlicher und geistiger Gesundheit. Auch die Fruchtbarkeit ist noch immer beträchtlich. Fischer stellt fest, daß die Geburtsziffer bei den Rehobother Bastards eine hohe ist. Aus 44 augenscheinlich normal geschlossenen Ehen gingen durchschnittlich 7·7 Kinder hervor, aus fast der Hälfte der Ehen entsprangen neun oder mehr Kinder. Nur zwei von den 44 Frauen waren kinderlos. Von den 339 Nachkommen aus den 44 Ehen waren zur Zeit der Untersuchung Dr. Fischers 259 am Leben und 80 gestorben, ein Teil der letzteren starb erwachsen.

Als ein bei den Elternrassen nicht in die Erscheinung tretendes atavistisches Merkmal deutet Fischer das bei den Bastards beobachtete „Buschmannsohr". Die Buschmänner haben ganz charakteristisch gestaltete Ohren, deren Form bei reinen Hottentotten so gut wie gar nicht vorkommt, bei den Buren natürlich erst recht nicht, wohl aber bei etwa 30 Prozent der Bastards in höherem oder geringerem Grade. Das erklärt sich vielleicht unter der Annahme, daß die Hottentotten seinerzeit aus einer Kreuzung von Buschmännern mit anderen, vielleicht hamitischen Stammesangehörigen hervorgegangen sind. Sie haben von den Buschmännern neben einer Reihe physischer Eigenschaften (z. B. Spiralhaar, Steatopygie) wahrscheinlich auch die Anlage für das Buschmannsohr geerbt; doch ist letztere Anlage nicht zum Vorschein gekommen oder unterdrückt und nun erst bei der Kreuzung mit den Europäern wieder zu Tage getreten.

Es wäre interessant, wenn auf Grund des Materials, das Dr. Fischer hier protokollarisch festgelegt hat, nach einigen Generationen der Zustand dieses Bastardstammes erneut festgestellt würde. Die dann zu ziehenden Schlüsse würden noch viel schärfer und sicherer ausfallen können.

Verglichen mit der farbigen Rasse, sagt Fehlinger, schneiden die Bastards gut ab. Die oft gehörte Behauptung, daß Mischlinge, namentlich in moralischer Beziehung hinter beiden Stammrassen zurückstehen, ist falsch. Disharmonische Eigenarten der geistigen Veranlagung mögen zwar bei Mischlingen häufiger als bei reinblütigen Personen zu Verstößen gegen Gesetze führen, aber in der Hauptsache sind es ungünstige soziale Einflüsse, welche die Mischlinge zu Gesetzverletzungen antreiben. Bei geeigneter Behandlung der Rehobother Bastards werden sie ein tüchtiges Bevölkerungselement bleiben, das vor den Hottentotten mancherlei Vorzüge hat (Umschau 1913, Nr. 44).

Älteste Menschenreste.

Von Knochenresten höheren Alters war bisher in England nicht viel gefunden worden. Der wichtigste Fund wurde im Jahre 1888 durch Mr. Elliot in London, einen Sammler paläolithischer Instrumente, zu Galley-Hill, unweit der Themsemündung, gemacht. Er besteht aus Bruchstücken eines Schädels und der Gliedmaßen und wurde in einer Sandschicht 2 engl. Fuß über dem „Chalk" und etwa 10 Fuß unter der Oberfläche zusammen mit schönen Instrumenten der älteren Steinzeit in völlig ungestörter Lage entdeckt. Erst im Jahre 1895 erschien eine Beschreibung dieser Knochen, und im Jahre 1903 hat Prof. Klaatsch*) sie gelegentlich seiner Anwesenheit in London abermals genau untersucht und beschrieben. Nach ihm handelt es sich bei dem Galley-Hill-Skelett um eine seltsame Kombination, die wir heute nicht in gleicher Weise finden: eine kleine untersetzte Statur mit kurzen Gliedmaßen, verbunden mit einer stark ausgeprägten Langschädeligkeit (Dolichozephalie). Obwohl die Überaugenwülste (Supraorbitalbogen) stark entwickelt sind und auch sonstige Merkmale an den Neandertalschädel erinnern, gehört das Skelett doch nicht in den Neandertaltypus. Es muß jedoch als relativ hohen paläolithischen Alters angenommen werden und braucht keineswegs jünger als das des Neandertalmenschen zu sein. Wir müssen also damit rechnen, daß in den älteren paläolithischen Perioden bereits sehr verschiedene Menschenrassen nebeneinander gelebt haben.

Zu diesem Funde hat sich jüngst ein zweiter, zweifellos paläolithischen Alters, gesellt, die Fragmente eines fossilen Menschenschädels, die bei Piltdown in Sussex, der südlich von London an der Küste gelegenen Landschaft, gefunden sind. Der Ort gehört zu den Gegenden, in denen unmittelbar über dem Kalk die berühmten „Eolithen" gefunden werden, die die englischen Gelehrten längst vor den Franzosen und Deutschen für Werkzeuge aus Menschenhand erklärt haben, und als deren geologisches Alter das mittlere oder obere Pliozän angenommen wird. Um die Überzeugung zu befestigen, daß die Eolithen des

*) Zeitschrift für Ethnol., Bd. 35 (1903), S. 901 ff.

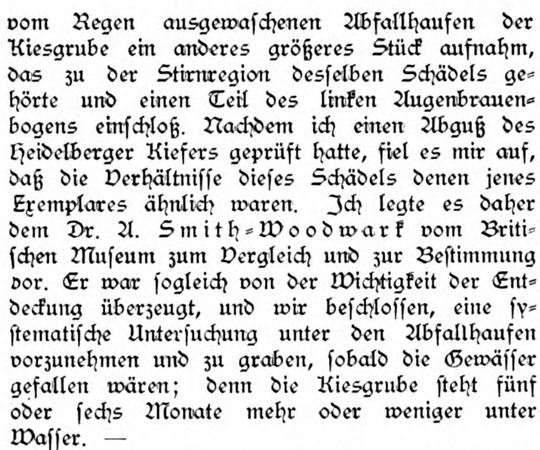


Plateaus von Kent und Sussex tertiärer Natur sind, bedarf es nach Prof. Klaatsch für den einigermaßen geologisch Geschulten nur des Hinweises auf folgende Tatsachen. Die Eolithen stammen aus einer Zeit, die älter ist als die Aushöhlung der das Plateau furchenden Täler; das ergibt sich daraus, daß sie niemals in diesen, sondern stets nur auf den Höhen des Plateaus gefunden werden, während die Talhänge in Hoch- und Niederterrassen echt paläolithische Instrumente führen. Dieser Tatbestand läßt gar keine andere Erklärung zu, als daß ihre Ablagerung erfolgte, bevor Gletscher und Gletscherbäche die Zerspaltung des Plateaus vornahmen. Was auf der Höhe liegt, ist somit älter, ist voreiszeitlich. In Sussex im besonderen, wo das Plateau niedriger ist, finden sich ebenfalls die örtlich begrenzten Kieslager mit Eolithen, sind hier aber zum Teil überlagert durch Schichten mit sehr rohen altsteinzeitlichen Instrumenten; da solche sich auch in der Nähe des neuen Schädels fanden, bezeichneten die Beschreiber ihn als paläolithisch.

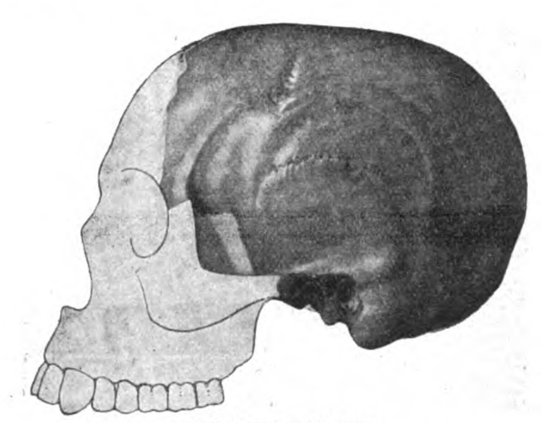
Nach dem mutmaßlichen Alter des Fundes und nach seinem Entdecker hat dieser neue Menschenrest von seinem Beschreiber Woodward den Namen Eoanthropus Dawsoni erhalten. Ch. Dawson*) beschreibt die Auffindung der Reste folgendermaßen:

Als ich vor mehreren Jahren einen Landweg nahe der Gemeinde Piltdown ging, bemerkte ich, daß er unter andern mit braunen Flintsteinen besonderer Art, die in der Gegend nicht gewöhnlich sind, ausgebessert war. Bei näherer Untersuchung war ich überrascht zu sehen, daß sie einer Kiesgrube des Landgutes entstammten, und darauf besuchte ich die Stelle, wo zwei Arbeiter damit beschäftigt waren, den Kies zu kleinen Ausbesserungen der Landstraße zu graben. Da diese Grube etwa vier Meilen nördlich von der Grenze lag, wo das Vorkommen von Feuersteinen über den Wealdenschichten (Formation zwischen Jura und unterer Kreide) bezeugt ist, so interessierte es mich sehr, und ich nahm eine genaue Prüfung des Lagers vor. Ich fragte die Arbeiter, ob sie Knochen oder andere Fossilien gefunden hätten, und da sie nichts bemerkt zu haben schienen, bat ich sie dringend, alles, was sie etwa fänden, aufzubewahren. Bei einem meiner nächsten Besuche der Grube händigte einer der Leute mir ein kleines Stück eines ungewöhnlich dicken menschlichen Schädelknochens aus. Ich stellte sofort eine Untersuchung an, konnte jedoch nichts weiter finden, und auch der Mann hatte nichts anderes bemerkt. Das Lager ist voll tafelförmiger Eisensteine, die diesem Schädelfragment in Farbe und Dicke gleichen; aber obwohl ich mehrmals noch nachforschte, konnte ich nichts von einem weiteren Fund oder einer anderen Entdeckung in Erfahrung bringen — das Lager schien in der Tat ganz fossilienfrei zu sein.

Es war einige Jahre später, im Herbst 1911, als ich bei einem Besuch des Ortes unter den vom Regen ausgewaschenen Abfallhaufen der Kiesgrube ein anderes größeres Stück aufnahm, das zu der Stirnregion desselben Schädels gehörte und einen Teil des linken Augenbrauenbogens einschloß. Nachdem ich einen Abguß des Heidelberger Kiefers geprüft hatte, fiel es mir auf, daß die Verhältnisse dieses Schädels denen jenes Exemplares ähnlich waren. Ich legte es daher dem Dr. A. Smith-Woodwark vom Britischen Museum zum Vergleich und zur Bestimmung vor. Er war sogleich von der Wichtigkeit der Entdeckung überzeugt, und wir beschlossen, eine systematische Untersuchung unter den Abfallhaufen vorzunehmen und zu graben, sobald die Gewässer gefallen wären; denn die Kiesgrube steht fünf oder sechs Monate mehr oder weniger unter Wasser. —



Das Ergebnis der Grabungen bestand in wenig zahlreichen Bruchstücken. Offenbar war der



Schädel des Eoanthropus.
Rekonstruktion (helle Fläche) des englischen Forschers.

ganze Schädel oder doch sein größter Teil von den Arbeitern zertrümmert, und die Stücke waren unversehens fortgeworfen. In einer noch tieferen undurchgrabenen Schicht fand Dawson noch die rechte Hälfte eines menschlichen Unterkiefers. Abgesehen von den menschlichen Resten kamen Knochenreste von einem pliozänen Elefanten, vom Mastodon, vom Flußpferde und von einem pleistozänen Biber zum Vorschein. Unter den Feuersteinen fanden die Untersuchenden neben zahlreichen „Eolithen" einige unbezweifelbare Flintwerkzeuge, die solchen von Chelleen- oder Vor-Chelleentypus gleichen. Den Eolithen gegenüber erscheint Vorsicht geboten. Die gewöhnlichen Typen darunter gehören zu den als Bohrer und Hohlschaber bezeichneten Formen. Sie zeigen sich in der Kiesgrube und auf der Oberfläche des Ackerlandes in gerolltem und ungerolltem Zustande. Dawson zieht aus allem endlich folgenden Schluß:

Der Schädel und der Kiefer ist sicher als früheren Datums als die erste Hälfte des Pliozäns anzusprechen. Das Individuum von Piltdown lebte in diesem Zeitalter wahrscheinlich während eines warmen Abschnitts.

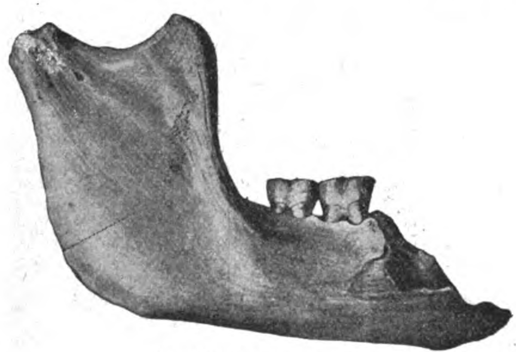
Gegen diese Ansicht hat sich auf dem Anthropologenkongreß zu Nürnberg 1913 starker Wider-

*) Quarterly Journ. of the Geol. Society, vol. 69 (1913, März).

spruch erhoben. Einer der Gegner obiger Auffassung, Prof. H. Klaatsch*), betont selbst, daß diese Bruchstücke wahrscheinlich der älteste Menschenrest sind, den wir kennen, älter selbst als der berühmte Unterkiefer von Mauer. Trotzdem sei die Bezeichnung „Eoanthropus" nicht berechtigt, denn wir haben es hierbei weder mit der Morgenröte (Eos) der Menschheit noch mit derjenigen Europas zu tun. Die Wahl dieses Wortes trägt der Neigung einiger englischer Forscher Rechnung, dem Eoanthropus tertiäre Bedeutung beizumessen.

Der Schädel ist tatsächlich in vieler Hinsicht eigentümlich und widerspricht den Erwartungen, die mancher Forscher an ein so altes Fossil von vornherein stellen dürfte: teils ist er zu menschlich, teils zu tierisch.

Von dem Schädel ist der größte Teil der Gehirnkapsel vorhanden, denn die zusammengesetzten Bruchstücke bieten ein ziemlich vollständiges Bild von dem Oberhaupt. Die Schädelwandung ist von sehr bedeutender Dicke, bedingt durch starke Entfaltung der mittleren blutführenden spongiösen Knochenschicht; die Eindrücke der Adern sind tief eingegraben. Der Schädel hat beträchtliche Maße, seine größte Länge beträgt 190 Millimeter, seine größte Breite 150.



Unterkiefer des Eoanthropus.

Nach den Abbildungen hält Prof. Klaatsch es für sicher, daß der Schädel in den Kreis der Neandertalformen gehört, obwohl er, nach dem kleinen Stirnfragment zu urteilen, gerade desjenigen Merkmals entbehrt, auf das man bisher das Hauptgewicht legte: der Knochenwülste über den Augenhöhlen. Auch die gute Wölbung des Schädeldaches und besonders die steile Aufrichtung der Hinterhauptskuppe scheint nicht zu dem Bilde zu passen, das sich viele von dem Neandertalschädel machen. Das vortrefflich erhaltene Schläfenbein und das Relief des Hinterhauptes beweisen jedoch nach Prof. Klaatsch die Zugehörigkeit des Fundes zum Neandertaltypus; diese wird auch durch die Beschaffenheit des Schädelausgusses bestätigt, an dem gewisse primitive Merkmale den Gedanken nahelegen, daß der englische Schädel als Vorfahre des Neandertalers zu deuten ist. Bei den jugendlichen Menschenaffen fehlen ja auch die Überaugenwülste und der ganze Schädel ist besser gewölbt als bei den alten Männchen. Smith-Woodward hält den Piltdownschädel für einen weiblichen.

*) Die Umschau 1913, Nr. 36.

Das sonderbarste Stück des ganzen Fundes ist das Unterkieferbruchstück. Unglücklicherweise fehlt an ihm die vordere Partie, und der Bruch ist gerade an der Stelle erfolgt, die für die Beurteilung des Kiefers am allerwichtigsten gewesen wäre. Das Vorhandene besteht aus dem Unterkieferast und einem Teil des Kieferkörpers, in dem der erste und zweite Mahlzahn stecken, während von dem dritten verloren gegangenen nur die Zahnhöhle vorhanden ist. Die beiden Zähne sehen denen des weiblichen Gorilla auffallend ähnlich, und auch im übrigen würde der Unterkiefer viel besser zu einem Menschenaffen passen als zu einem Menschen. Die Innenfläche des Unterkieferkörpers ist auffallend glatt und entbehrt der spezifisch menschlichen Unebenheiten. Die größten Rätsel gibt die Bruchstelle selbst auf, die eine ganz fliehende (zurückweichende) Kinnbildung vermuten läßt, affenartiger als die bisher bekannten fossilen Menschenkiefer. Da alle Vorderzähne fehlen, so ist es reine Hypothese, wenn einige der englischen Gelehrten meinen, das Fossil müsse große Eckzähne wie die Menschenaffen besessen haben. Das stände in krassem Widerspruch zu der ganzen Beschaffenheit des Schädels, zu dem Unterkiefer als solchem allerdings nicht. Es ist verständlich, daß bei dieser Sachlage die Zusammengehörigkeit von Unterkiefer und Schädel bezweifelt wird.

Elliot Smith stellt an dem Schädelausguß lokale Wulstungen der Schläfengegend fest, die er mit den Anfängen eines Sprachzentrums und der Fähigkeit des Wortgedächtnisses in Zusammenhang bringt — am Unterkiefer aber soll die Kinnregion so beschaffen sein, daß eine artikulierte Lautbildung wie bei den heutigen Menschenaffen vollkommen ausgeschlossen erscheint! Angesichts solcher Widersprüche sollte jegliche voreilige Ergänzung der fehlenden Teile des Gesichts und Unterkiefers vermieden werden.

Gegen die Rekonstruktion der Schädelfragmente seitens der englischen Forscher, besonders gegen die Ausstattung des Unterkiefers mit großen Eckzähnen, wie wir sie bei Menschenaffen finden, haben auch andere namhafte Gelehrte auf dem Nürnberger Kongreß Einspruch erhoben.

Daß auch in England selbst die Ansichten über die Rekonstruktion und das Alter des Schädels ziemlich weit auseinandergehen, bewiesen die Erörterungen in der Sektion für Anatomie auf dem Internationalen Kongreß der Medizin*). Nach der Zusammensetzung des Schädels durch Dr. Woodward ergibt sich für das Gehirn ein Inhalt von 1076 Kubikzentimetern, womit er ein Zwischenglied zwischen dem höchsten Anthropoiden und der niedrigsten Form des Menschen bilden würde. Prof. Keith anderseits sieht in dem Schädelstück ein großes und schön modelliertes menschliches Haupt mit einem Gehirn von 1500 Kubikzentimetern

*) Nature, Nr. 2286, vol. 91.

Inhalt, was nur wenig hinter der Fassung moderner Menschenschädel zurückbleibt.

Dr. Woodward setzt den Kiltdown-Menschen in die sehr frühe Pleistozänzeit, Prof. Rutot aus Brüssel weist die betreffende Kiesschicht dem späteren Abschnitt der Pliozänperiode zu. Wenn die Ansichten Annahme finden, so ist unser Schädel viel früheren Datums als die jüngst in Frankreich entdeckten Neandertalreste. Während Prof. Rutot die Dauer der Pleistozänperiode auf 150 000 Jahre schätzt, läßt Prof. Penck, eine unserer größten Eiszeitautoritäten, sie 1/2 bis 1 1/2 Millionen Jahre dauern.

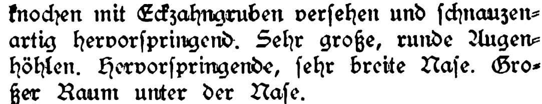
Die „Times" vom 11. August 1913 faßt den Gegensatz zwischen Smith-Woodward und Keith folgendermaßen zusammen: Wenn Prof. Keith (mit den 1500 Kubikzentimetern Gehirninhalt) recht hat, so ist es gut möglich, daß der Mensch den durch die Reste von Galley Hill dargestellten Zustand vor der Mitte der Pleistozänzeit erreichte. Wenn Dr. Smith-Woodward (mit dem Inhalt von 1076 Kubikzentimetern) recht hat, so haben wir in der Mitte der Pleistozänperiode die Anfänge unserer modernen Kultur und Zivilisation zu suchen. Wenn seines Gegners Rekonstruktion wohlbegründet ist, so haben wir um eine ganze geologische Periode, vielleicht eine Million Jahre, weiter zurückzugehen, um die Wiege des modernen Menschen und seiner Kultur zu finden.

Am 3. August 1908 entdeckten die Abbés A. und J. Bouyssonie und L. Bardon in einer Grotte von La Corrèze ein Skelett, das seitdem unter dem Namen der Ortschaft La Chapelle-aux-Saints berühmt geworden ist. Zur wissenschaftlichen Würdigung dieses Fundes hat Marcellin Boule*) mehrere Jahre gebraucht, wir dürfen also wohl annehmen, daß die Ergebnisse seiner gründlichen Arbeit stichhaltig sind, wofür auch der Name des berühmten Anthropologen bürgt.

Nach genauer Beschreibung der Skeletteile nimmt Boule eine Revision sämtlicher angeblich aus der mittleren Quaternärzeit stammenden Menschenreste vor. Von den etwa zwanzig sicheren Entdeckungen haben nur zehn ein zu osteologischen Studien genügendes Material geliefert: die Funde von Neandertal, Gibraltar, La Naulette, Spy, Malarnaud, Krapina, La Chapelle-aux-Saints, Le Moustier, La Ferrassie und La Quina. Aus ihnen läßt sich unschwer die Diagnose des Menschen der ältesten Steinzeit entwickeln. Boule gibt sie folgendermaßen:

Ein untersetzter, sehr stämmiger Körper. Sehr umfangreicher Kopf, dessen Gesichtsteil im Vergleich zur Schädelpartie sehr entwickelt war. Ein mittlerer Schädelinder. Dolichozephaler oder mesozephaler Schädel mit gewaltigen Augenbrauenwülsten, die eine zusammenhängende Wulstung bilden, und stark zurückweichender Stirn, einem hervorspringenden, in vertikalem Sinne zusammengedrückten Hinterkopf.

Langes, vorspringendes Gesicht mit flachen und zurückweichenden Wangenbeinen, Oberkieferknochen mit Eckzahngruben versehen und schnauzenartig hervorspringend. Sehr große, runde Augenhöhlen. Hervorspringende, sehr breite Nase. Großer Raum unter der Nase.



Starker Unterkiefer ohne Kinn oder mit bloßer Andeutung davon, mit breiten aufsteigenden Ästen, an der Eckgegend abgestumpft. Starke Bezahnung; in der Form der hinteren Backenzähne sind primitive Züge erhalten.

Wirbelsäule und Gliederknochen bieten zahlreiche an die Affen erinnernde Merkmale. Sie verraten eine Haltung auf zwei Beinen, die jedoch weniger aufrecht war als bei der gegenwärtigen Menschheit. Die Beine waren sehr kurz.

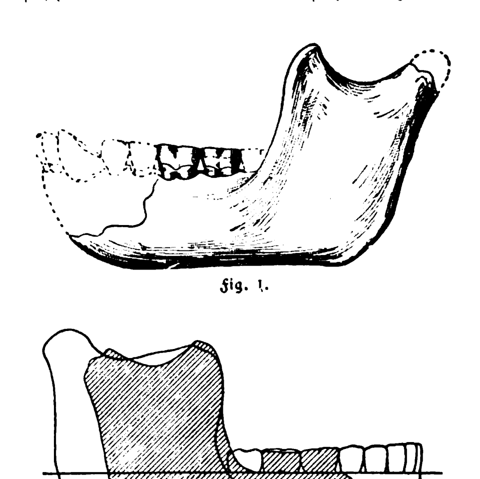


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. Der Unterkiefer des **Eoanthropus**. Die punktierte Fläche zeigt die Rekonstruktion der englischen Forscher, welche aber von deutscher Seite nicht für richtig gehalten wird.

Fig. 2. Der Unterkiefer des **Eoanthropus** (schraffiert) überlegt mit dem Umriß des Unterkiefers vom **Homo heidelbergensis**.

Der Schädelinhalt betrug durchschnittlich etwa 1400 Kubikzentimeter. Die Hirnoberfläche weist zahlreiche primitive oder affenähnliche Merkmale auf, besonders in der verhältnismäßig großen Reduktion (Verkleinerung) der Stirnlappen und in der allgemeinen Zeichnung der Stirnwindungen.

Auf die Fragen, ob sich dieser Typus als Rückschlag oder in irgend einer Menschengruppe bis heute erhalten habe, antwortet Boule mit einem runden Nein. Allerdings könne man an den als Neandertaloide bezeichneten Schädeln oder an den Schädeln tiefstehender Menschenstämme, z. B. der Australier, ein oder höchstens einige der Merkmale des Menschen der mittleren Quartärzeit entdecken, niemals aber finde man an einem Skelett alle Merkmale dieser Urrasse vereinigt. Aber, gerade auf diese Vereinigung komme es an; wie das Albert Gaudry sehr schön gesagt hat: was vielen von der Paläontologie entdeckten Lebewesen ihre eigenartige Physiognomie gibt, ist nicht der Umstand, daß sie Merkmale besitzen, die wir bei den zum Vergleich herangezogenen jetzigen nicht

*) Annales de Paléonthologie. 1911—1913. L'Anthropologie, v. XXIV (1913), Nr. 2/3.

finden, sondern daß bei ihnen schon bekannte Merkmale auf eine ganz abweichende Weise verknüpft sind.

Der Mensch der mittleren Quartärzeit ist also ausgestorben, und zwar, aller Wahrscheinlichkeit nach, ohne direkte Nachkommen zu hinterlassen. Er ist die letzte Blüte eines vom Menschenstamm sich abgabelnden Zweiges. Er ist eine altertümliche, erloschene Art, für die Boule die Wiedereinsetzung der Bezeichnung Homo neandertalensis vorschlägt. Wie so viele Tiere derselben Epoche ist er ausgestorben, ohne direkte Abkömmlinge zur modernen Fauna zu entsenden, während sich parallel zu ihm ein anderer Zweig entfaltete, der zur gegenwärtigen Menschheit hinüberleitet.

Um Überreste des Menschen aus paläolitischer Zeit handelt es sich auch bei den Skelettresten aus der Station „Hohler Fels", über die Prof. Klaatsch auf dem 44. Deutschen Anthropologenkongreß berichtet hat*). Obwohl nur Bruchstücke auf uns gekommen sind, hat dieser Fund vom Ende der Eiszeit wichtige Ergebnisse über den Körperbau der Menschen gehabt, die damals die Gegend des Fränkischen Jura bewohnten.

Von dem Schädel ist leider nur ein größeres Stück aus der rechten Seite, bestehend aus Teilen des Scheitels, des Hinterhauptbeines und des Schläfenbeins, erhalten geblieben. Diese Stücke ergeben so auffallende Übereinstimmungen mit dem Schädelbau der Neandertalmenschen, daß kein Zweifel darüber herrschen kann, daß die Hohler Fels-Menschen Nachkommen der Neandertalrasse sind. Anderseits ist aber auch keine völlige Übereinstimmung mit dem Neandertaltypus vorhanden, es zeigen sich deutliche Anzeichen einer eigenartigen Umwandlung dieser Neandertalnachkommen. Die Ausmaße der einzelnen Teile sind geringer und die Wölbungsverhältnisse des Schädeldaches sind andere. Durch mühsame Untersuchung hat Prof. Klaatsch erschlossen, daß die Hohler Fels-Menschen einen geräumigen Schädel von mindestens 190 bis 195 Millimeter Länge und etwa 145 Millimeter Breite besessen haben mit einer Höhenwölbung, die diejenige des Neandertalschädels übertraf. Eine in transversaler Richtung durch Schläfengegend und Ohr geführte Kurve zeigt, auf die entsprechenden Kurven von Neandertal- und Aurignacschädel gelegt, daß der Hohler Fels-Schädel eine Mittelstellung zwischen beiden einnimmt. Auch die Horizontalkurve läßt besonders durch eine für den Aurignacschädel charakteristische Abplattung der seitlichen Hinterhauptgegend eine deutliche Annäherung des Hohler Fels-Schädels an den jüngeren Diluvialtypus erkennen. Die Vereinigung von Merkmalen, die bei den älteren Diluvialrassen getrennt erscheinen, läßt sich nur durch die Annahme erklären, daß die Hohler Fels-Menschen aus einer Mischung der Neandertal- und Aurignacrasse hervorgegangen sind.

Diese Annahme wird durch die Untersuchung der übrigen Skelettreste deutlich bestätigt. Vom Armskelett sind nur eine Elle und zwei Speichen übriggeblieben, aber sie genügen zur Feststellung der Merkmale. Die Elle, ein gedrungener, kurzer Knochen, zeigt größte Ähnlichkeit mit demselben Skeletteil beim Spy- und Neandertalmenschen. Von den Speichen zeigt die eine dieselbe robuste Beschaffenheit und nähert sich durch starke Krümmung dem Zustande der Neandertalspeiche, übertrifft sie aber durch größere Länge und stärkeren Durchmesser. Dies beweist, daß ein Teil der Hohler Fels-Menschen an Körpergröße und Kraft die Vorfahren aus den beiden Urrassen beträchtlich überragte, was auch die Befunde an den unteren Gliedmaßen bestätigen. Der große Radius (Speiche) gehört offenbar zu einem mächtigen Schienbein, das von Lustig beschrieben ist. Der andere Radius ist viel zierlicher, wahrscheinlich weiblich. In der Gestalt ist er dem Aurignactypus ganz ähnlich, schlank und gerade wie die entsprechenden Speichen dieser Rasse und der heutigen asiatischen Menschheit, teilweise auch der Australier.

Das Gesamtergebnis der Untersuchungen dieser Rasse durch Klaatsch, Elsner und Lustig ist also, daß die Hohler Fels-Menschen einen Mischtypus von Neandertal- und Aurignacrasse darstellen. Einige ihrer Mitglieder schlugen mehr nach der einen, andere mehr nach der andern Vorfahrenreihe. Dies stimmt sehr gut zu der geologischen Festsetzung des Alters der Reste in das Azylien, die Übergangsperiode von älterer zu neuerer Steinzeit. Die älteren Zeiten des Mousterien und Aurignacien sind bei der Station „Hohler Fels" durch Kulturreste vertreten, die ganz verständlich zeigen, daß hier, wie offenbar an vielen andern Stellen Mitteleuropas (s. Jahrb. IX, S. 226), die einwandernde Aurignac-Menschheit auf die ältere Neandertalrasse traf und sich mit ihr vermischte. Als solche Mischtypen sieht man schon die Rasse von Cro Magnon, den Menschen von Chancelade, die 1910 von Hauser und Klaatsch gehobenen unvollständigen Reste eines fossilen Menschen aus der Station La Rochette im Vezèretal, über die noch nichts veröffentlicht ist, an; jeder von ihnen hat seine Eigenart. Unter den modernen Völkern haben wir auch verschiedene Mischungsgrade der Urrassen, besonders deutlich kennzeichnen sich die Lappen als Neandertal-Nachkommen mit etwas Aurignac-Einschlag. Je nach dem Mischungsverhältnis und dem umwandelnden Einfluß der Umwelt hat die Mischung der beiden Urrassen wahrscheinlich sehr verschiedene Einzeltypen ergeben, denen sich möglicherweise noch andere, uns bis jetzt unbekannte Primitivformen zugesellt haben.

Trotz der starken Variation offenbart sich in den Leuten von Hohler Fels ein gewisser Typus, der ganz besonders durch die von Elsner hervorgehobene Eigenart der Unterkiefer gekennzeichnet wird. Das verhältnismäßig große Material an Unterkiefern ist bei der Unvollständigkeit der übrigen Teile ganz besonders wertvoll, und da der Unterkiefer sich immer mehr als ein wichtiger Rassenknochen erweist, dessen Einzelhei-

*) Polit.-Anthrop. Revue, XII. Jahrg., Nr. 7. Ref. von G. Stamper.



ten viel mehr von der Vererbung als von äußeren Einflüssen abhängen, so muß man ihn auch für die Leute vom „Hohler Fels“ benutzen, um deren besonderen Typus hervorzuheben.

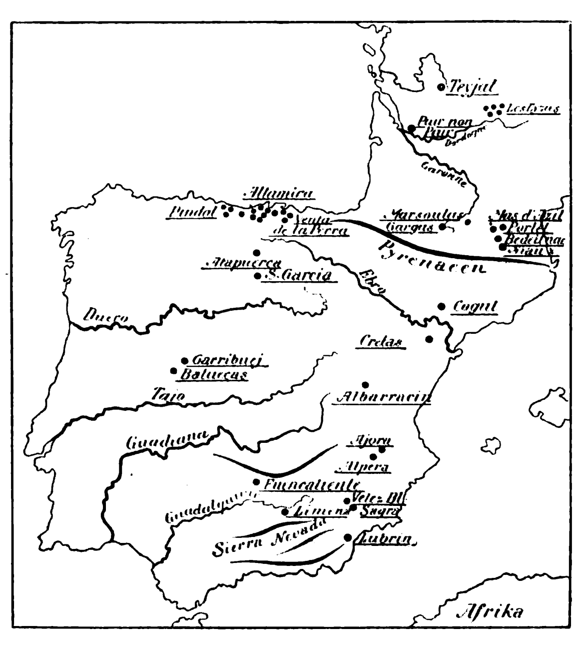
Kunst der Urzeit.

Unsere Kenntnisse in der hochinteressanten prähistorischen Kunstgeschichte werden durch einige jüngst gemachte Funde in erfreulichster Weise erweitert. Natürlich ist auch jetzt wieder Südfrankreich der kunstspendende Boden. Am Fuß eines Felskammes im Departement Ariège, des Tuc d'Audoubert, befindet sich, schwer zugänglich infolge eines einströmenden Wasserlaufs, eine dreietagige Höhle, die vom Grafen **Begouen***), dem Entdecker der Kunstwerke, durchforscht und beschrieben ist. Von dem untersten, in Wasserhöhe liegenden Stockwerk gelangt man zu dem zweiten, indem man etwa 150 Meter vom Eingang einen zwei Meter hohen Abhang erklettert. Durch einen Gang gelangt man hier in weite Säle mit prächtigen Tropfsteinbildungen und Tierzeichnungen an den Wänden. Aus einer Ecke führt ein schwer passierbarer Schlot von $12^1/_2$ Meter Länge in das oberste Stockwerk. Hier gelangt man zuerst in einen schmalen und niedrigen Gang mit Tierzeichnungen, die nach Stil und Technik von denen des unteren Stockwerks sehr verschieden sind. Während letztere zumeist aus der Magdalenienzeit stammen, dürften jene einer älteren Periode angehören.

Der Hintergrund des niedrigen Ganges war durch Tropfsteingebilde (Stalaktiten) versperrt, von denen erst einige weggebrochen werden mußten, damit man hindurchkriechen konnte. Gleich hinter dem Hindernis fand man die Decke mit Strichen verziert, die mit einem kammförmigen Werkzeug hergestellt scheinen; Abbé **Breuil** hat in den durch ihre Felszeichnungen berühmten spanischen Höhlen ganz dieselbe Verzierung beobachtet. Weiterhin waren keine Zeichnungen mehr aufzufinden. Während die geologische, tropfsteinbildende Tätigkeit in diesem Teile der Höhle noch fortdauert, hat sich in den nun folgenden Räumen anscheinend in Jahrtausenden nichts mehr geändert. Der Ton, der den Höhlenboden bildet, ist hier nur stellenweise von Tropfsteinschichten bedeckt. Hier und da erscheint er wie durchpflügt von Bärenkrallen. In den Winkeln eines langen hohen Saales finden sich Knochenhaufen von Tieren, die dort verendet sind. Als später die Diluvialmenschen hierher kamen, suchten sie sich die Kiefer heraus und zerbrachen sie, um sich mit den Eckzähnen zu schmücken. Den seiner Eckzähne beraubten Unterkiefer eines kleinen Bären hat Urmenschenhand auf einen Felsvorsprung gelegt, wo er durch Kalkabsonderungen festgekittet ist, so daß man ihn nicht mehr abheben kann. Um die Tierskelette herum ist der Boden zertreten, an mehr als einer Stelle sieht man menschliche Fußspuren, besonders Zehen, die auf Menschen von kleiner Gestalt schließen lassen. Auch ein paar Steingeräte von Magdalenientypus fand man hier.

*) L'Anthropologie, T. XXIII; Ref. in „Die Umschau“ 1913, Nr. 20 (Dr. Moewes).

Ein wenig weiter kommt man in einen etwas tiefer gelegenen kleinen Saal über einen platten Abhang hinweg, in dessen Boden die Bären, um sich halten zu können, sich tief einkrallen mußten; selbst ihre Haare sind an den Eindrücken haften geblieben. Am Eingange des Saales lagen kleine, von Menschenhand geformte Tonwürste. Der Boden zeigt Eindrücke menschlicher Fersen, die mit dünner Tropfsteinschicht überzogen und so schön ausgegossen sind, daß sich die Hautschwielen deutlich erkennen lassen. Diese Fersenspuren finden sich inmitten eines Systems krummer Linien von unklarer Bedeutung. **Begouen** bringt sie mit religiösen Zeremonien in Verbindung, be-



Karte der Höhlen und Felswände mit Malereien aus der Steinzeit in Südfrankreich und Spanien.

sonders deshalb, weil sie sich nahe vor dem Endraum der Höhle befinden, in dem wie in einem Allerheiligsten, fern von profanen Blicken, der Stamm seine Idole oder Fetische aufbewahrte. Das sind nämlich nach **Begouen** die **beiden Wisente**, die hier, wenigstens 700 Meter vom Eingang der Höhle, gefunden worden sind.

Mitten im Saale liegt ein Felsblock, an den die beiden Figuren gelehnt sind. Der eine Bison steht hinter dem andern und erhebt sich etwas auf den Hinterfüßen, als ob er den Block erklimmen wolle. Der vordere Bison ist fast unversehrt. Die Austrocknung des Tones hat lange und tiefe Spalten im Körper der Tiere erzeugt. An der Kopf- und Höckerbildung erkennt man, daß das vordere Tier ein Weibchen, das hintere ein Männchen sein soll. Ersteres mißt 61 Zentimeter in Länge, 29 vom Bauche bis zum Höckergipfel. Beim Männchen sind diese Maße um je zwei Zentimeter größer. Ausgeführt ist nur die sichtbare Körperhälfte der Tiere; die an den Felsen gelehnte Linke ist nicht bearbeitet. Der Kopf ist

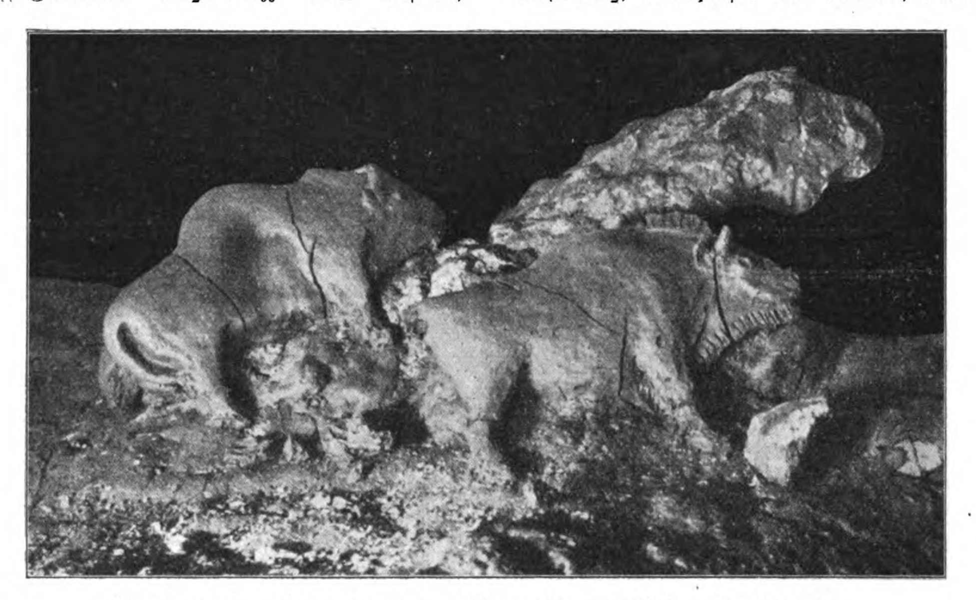
sorgfältig modelliert; der des Weibchens hat dadurch mehr Ausdruck erhalten, daß das Auge durch ein in der Mitte vertieftes Tonkügelchen wiedergegeben ist. Der Bart ist durch Riefen wiedergegeben, die mit einem dünnen Holz- oder Knochenspatel hergestellt sind, während der Künstler zur Formung des wolligeren Schopfhaars seinen Daumen benutzt hat, dessen Eindrücke deutlich erkennbar sind.

Unweit dieser Figuren fand man eine unvollkommen ausgeführte Bisonstatuette von 13 Zentimeter Länge und die auf den Boden gezeichnete 41 Zentimeter lange Skizze eines Wisents, dessen Rückenkontur durch eine zwei Zentimeter tiefe, mit dem Finger hergestellte Furche bezeichnet ist. Diese Skizze und der Zustand der nicht bearbeiteten Seiten der beiden „Statuen" lassen vermuten, daß die diluvialen Plastiker erst die Silhouette des Tieres auf den Boden zeichneten, dann die Erde ringsumher entfernten und die Tonmasse aufrichteten, bevor sie die Arbeit an Ort und Stelle vollendeten.

Aus einer andern Künstlerwerkstatt aus Südfrankreich zieht im Anschluß an einen Bericht von Dr. Lalanne (L'Anthropologie) Prof. Dr. M. Verworn eine Anzahl interessanter Schlüsse*). Unter dem bekannten Felsdach von Laussel im Tal der Beune haben sich etwa fünf Reliefskulpturen gefunden, die ein berechtigtes Aufsehen erregen. Es handelt sich um mehrere Frauendarstellungen, um die Darstellung eines Mannes und die eines Pferdes. Sämtliche Kunstwerke stammen aus dem oberen Aurignacien, gehören somit zu den ältesten, die wir überhaupt kennen. Das große Interesse an ihnen liegt einerseits nach der kunstgeschichtlichen, anderseits nach der somatisch-anthropologischen Seite hin.

In kunstgeschichtlicher Beziehung liefern diese Kunstwerke glänzende Beispiele für den rein physiologischen Charakter der älteren Figurenkunst. Sie geben das Dargestellte durchaus naiv-realistisch, ohne eine Spur von Reflexion. Mensch und Tier sind so dargestellt, wie sie der Künstler tatsächlich als Individuen selbst beobachtet hat und im Gedächtnis bewahrte. Neu ist für das Aurignacien die Reliefskulptur in Felsen. Sie zeigt uns, daß, entgegen früheren Anschauungen, gleich mit dem ersten Auftreten der figuralen Kunst alle verschiedenen Techniken, Liniengravierung, Reliefdarstellung, Rundplastik und Malerei, nebeneinander erscheinen. Reliefplastik in der paläolithischen Wandkunst ist bisher nur einmal, und zwar drei Jahre zuvor in dem unweit Laussels gelegenen Abri von Kap Blanc (Magdalénien) gefunden. Die Funde von Laussel lassen erkennen, wie aus der tiefen Liniengravierung durch Abrunden der Kanten der Gravierung ganz zwanglos die Reliefplastik entstanden ist. Bei einer der von Lalanne abgebildeten Frauenfiguren ist der plastische Eindruck durch stärkere Abrundung noch mehr erhöht. Manchmal hat man die umgrenzten Figuren geglättet, die Glättsteine dazu sind in derselben Schicht gefunden worden. Im übrigen hat der naive Realismus des Künstlers hier wie fast überall in der diluvialen Kunst sich mit einer treffenden Wiedergabe des Gesamteindrucks der Gegenstände begnügt und auf die Ausführung von Einzelheiten wie Gesicht, Füße, event. sogar Unterschenkel verzichtet. Die Kunstwerke lagen auf der Sohle der oberen Aurignacienschicht, die sie bedeckte, ein Teil von ihnen ruhte auf einer etwa 20 Zentimeter dicken und etwa 1·5 Quadratmeter breiten Schicht von rotem Ocker, so daß sie von diesem rot gefärbt waren.

In körperlich-anthropologischer Hinsicht haben diese zum Teil gegen 40 Zentimeter hohen Menschendarstellungen deshalb ein

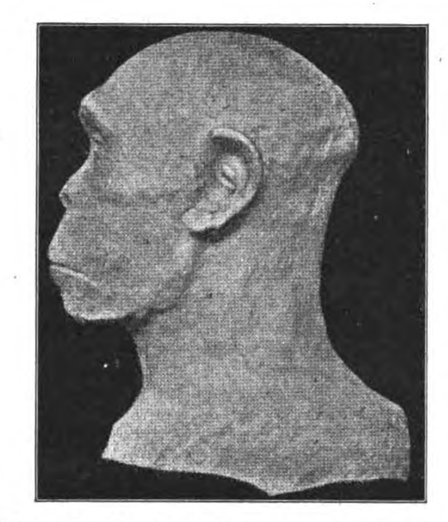


Eine Gruppe von zwei Wisents, ausgeführt von Diluvialmenschen in der Höhle von Tuc d'Audoubert.

*) Korresp.-Blatt der D. Gesellsch. f. Anthr., Ethn. u. Urgesch., 43. Jahrg., Nr. 7/12.



hervorragendes Interesse, weil sie bei der Treue der Darstellungen eine Anschauung von der äußeren Beschaffenheit der Diluvialmenschen des Aurignacien liefern, wodurch das Bild, das uns die bisher gefundenen kleinen Rundfiguren gegeben haben, in wertvollster Weise ergänzt. Was uns die Frauengestalten von Laussel in Übereinstimmung mit den ebenfalls dem Aurignacien angehörenden kleinen Statuetten von Willendorf, von Mentone und den von Piette in den Pyrenäen gefundenen Torsi in mehr oder weniger auffallender Weise zeigen, das ist die enorme Entwickelung der Fettpolster an den Hüften, Oberschenkeln und Bauchdecken. Dazu gesellen sich sehr stark entwickelte Hängebrüste. Dieser Frauentyp ist auch heute durchaus nicht selten in Europa, das bemerkenswerte bei den Aurignaciendarstellungen liegt nur darin, daß sie sämtlich diesen hohen Grad von Fettleibigkeit zum Ausdruck bringen, so daß es scheint, als ob die Künstler des Aurignacien damit den damaligen fettleibigen gewöhnlichen Frauentypus haben darstellen wollen. Die Männerfigur von Laussel, die einzige, die wir aus dem Aurignacien besitzen, stellt einen Bogenschützen dar, durchaus realistisch, der in dem einen Arm den Bogen hält, in zielender Stellung; es ist eine schlanke Figur, die durchaus keinen Fettansatz zeigt, von proportioniertem, fast schönem Körperbau. In dieser Beziehung füllen diese Kunstwerke eine große Lücke aus, die das Studium der paläolithischen Skelette läßt.



Neandertalmensch von La Quina, rekonstr. von Henri Martin.*)

*) Nach Korrespondenzblatt d. Deutsch. Ges. f. Anthropologie, 1914.

Einteilung der lebenden Menschheit nach Prof. G. Sergi.

I. Notanthropus.

1. Not. eurafricanus.
- *a*) N. eur. nordicus (Schweden, Norw.);
- *b*) N. eur. africus (Abessinier, Galla);
- *c*) N. eur. Dravidicus (Singhalesen);
- *d*) N. eur. polynesianus (Samoaner);
- *e*) N. eur. australianus (Australneger);
- *f*) N. eur. mediterraneus (Mittelmeerländer). Zu ihnen als Untervarianten: Römer, Sardinier. Berber. Araber, Juden. Ägypter. Perser, Hindu.

2. Not. afer.
- *a*) N. af. aethiopicus;
- *b*) N. af. niger.
- *c*) N. af. melaniensis.

3. Not. australis.
- *a*) Not. aust. humilis.

II. Heanthropus.

1. Heo. eurasicus.
- *a*) H. eur. europaeus (Großrussen);
- *b*) H. eur. asiaticus (Süddeutsche, Norditaliener).

2. Heo. arcticus.
- *a*) H. arct. (Ostjaken, Samoj.);
- *b*) H. arct. subarct. (Tungusen);
- *c*) H. a. fennicus (Finnen, Lappen);
- *d*) H. a. siamensis (Siamesen);
- *e*) H. a. malayensis (Malaien).

3. Heo. orientalis.
- *a*) H. or. sinicus (Chinesen);
- *b*) H. or. japonicus (Japaner);
- *c*) H. or. tibetanus (Tibetaner).

III. Hesperanthropus.

1. Hesp. Columbi.
- *a*) Eskimos;
- *b*) Sioux-Indianer;
- *c*) Kalif., mexik. Indianer;
- *d*) Brasilianer;
- *e*) Peruvianer;
- *f*) Bolivianer;
- *g*) Chilenen.

2. Hesp. patagonicus.
Argentinier, Feuerländer.



K. u. K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Die Zeit (Wien). Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Viel Freunde wird sich voraussichtlich das Jahrbuch der Naturkunde erwerben, denn für dieses interessieren sich heute alle ohne Ausnahme; und obgleich es an populären Gesamtdarstellungen nicht fehlt, hat man doch bis jetzt noch kein periodisches populäres Werk gehabt, das über die Fortschritte jedes Jahres berichtet. Es werden abgehandelt: die Astronomie, die Geologie und Geophysik, die Physik, die Meteorologie, die Chemie, die Biologie, die Botanik, die Zoologie, die Urgeschichte der Menschheit, die Ethnographie, die Physiologie und Psychologie alles sehr hübsch, stellenweise spannend. Die Fülle des dargebotenen Stoffes ist staunenswert und auch der Unterrichtetste wird das Buch nicht aus der Hand legen, ohne Neues daraus gelernt zu haben."

Anzeiger für die neueste pädagogische Literatur. Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. „Für einen so billigen Preis wird man selten ein so gediegenes Werk wie das vorliegende erlangen."

Aus der Heimat. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Ich bin auch von anderer Seite schon öfters nach einem Werke gefragt worden, in dem die Fortschritte der Naturwissenschaften für Laien bearbeitet sind. Nun kann ich ein solches empfehlen: das im Verlag von K. Prochaska, Teschen, erschienene und von H. Berdrow bearbeitete Illustr. Jahrbuch der Naturkunde." Stuttgart, Dr. K. G. Lutz.

Roseggers Heimgarten. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. „Die Bearbeitung und Redaktion ist ganz musterhaft gelöst. Bei der flüssigen, fesselnden und anregenden Schreibweise dieser Jahrbücher der Geschichte werden dieselben hoffentlich baldigst sich einbürgern .... Die Anschaffung dieses Jahrbuchs der Weltgeschichte kann jedermann nur bestens empfohlen werden. Man wird durch dasselbe bei äußerst angenehmer, nirgends langweiliger Darstellung von den Vorgängen auf allen Gebieten des Lebens, insbesondere des politischen, rasch und richtig unterrichtet."

Deutschtum im Auslande. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen. „Es ist eine dem Bildungswesen zu gute kommende Idee, die Errungenschaften auf dem Gebiete der Erdkunde in Jahrbüchern volkstümlichen Charakters zu billigem Preise darzubieten .... Alles ist durch treffliche Abbildungen dem Auge nahe gebracht. Das neue Jahrbuch verdient ganz unseren Beifall."

Volks-Zeitung. (Berlin). „Ein ausgezeichnetes Volksbuch ist im Verlage von Karl Prochaska, Teschen und Wien, erschienen. Es ist das ‚Illustrierte Jahrbuch der Naturkunde'. Hermann Berdrow, der sich eines in wissenschaftlichen Kreisen sehr geschätzten Namens erfreut, hat mit erstaunlicher Sorgfalt alle naturwissenschaftlichen Ereignisse, Forschungsergebnisse und Entdeckungen der letzten Jahre registriert. Keine Abteilung der Wissenschaft ist in diesem interessanten Werke unberücksichtigt geblieben. Zahlreiche Illustrationen schmücken das lesenswerte, hochinteressante Buch. Zuletzt sei noch hervorgehoben, daß der außerordentlich billige Preis jedem Naturliebhaber die Anschaffung des Werkes ermöglicht."

Breslauer Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. „Von Prochaskas Illustrierten Jahrbüchern nimmt zweifellos das Jahrbuch der Weltgeschichte den hervorragendsten Rang ein. Der etwa 160 Seiten Lexikonformat starke Band, der mit zahlreichen Illustrationen aufs würdigste ausgestattet ist, vereinigt in sich wieder alle Vorzüge, die von uns bereits bei Besprechung des vorigen Jahrgangs hervorgehoben werden konnten, vorzügliche Beherrschung des Stoffes, lichtvolle Darstellung, volkstümliche Schreibweise und gesundes politisches Urteil."

Linzer Tagespost. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen. „Der Verfasser führt uns in die Regionen des ewigen Eises, nach Asien, in die Neue Welt, nach Afrika, Australien und nach der Südsee und versteht es, in leichtfaßlicher und dabei anregender Form die physikalischen und politischen Verhältnisse dieser Gebiete zu schildern. Zahlreiche, dem Texte eingefügte Illustrationen tragen zum Verständnisse des Inhalts bei. Das Buch, das eine Fülle des Interessanten bietet, kann jedermann wärmstens empfohlen werden."

Norddeutsche Allgemeine Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen. „Der Zweck des Buches ist, die weitesten Kreise mit den neuesten Forschungsreisen zu geographischen und ethnographischen Zwecken bekanntzumachen; dementsprechend ist auch der Preis ein sehr geringer. Es ist tatsächlich erstaunlich, welche Fülle von gediegener Belehrung in Bild und Wort dem Leser für Mark 1.50 geboten wird.

Münsterischer Anzeiger. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Die Skepsis, mit der wir an dieses Buch herantraten — wie an alle naturwissenschaftlichen Werke, die für billiges Geld angeboten werden und bei denen die dadurch hervorgerufene Betonung des populär-wissenschaftlichen Charakters nicht selten über den Mangel an Inhalt des Werkes hinwegtäuschen soll — machte bald einer anderen Auffassung Platz; wir begrüßen das Erscheinen dieses Werkes auf das lebhafteste. Das Werk ist stilistisch ausgezeichnet und mit zahlreichen und guten Illustrationen geschmückt. Der Preis ist außerordentlich niedrig bemessen."

Zeitschrift für das Realschulwesen (Wien). Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Wenn der Laie auch aus den Tageszeitungen gelegentlich Mitteilungen über neue Entdeckungen, neue Hypothesen und andere wissenschaftliche und technische Errungenschaften der Neuzeit erhält, so erlangt er damit kein vollständiges Verständnis der betreffenden Zweige des Wissens, da solche Mitteilungen meist nur unvollständig und zusammenhanglos geboten werden, ohne daß auf die oft nicht ausreichende Vorbildung der Leser Rücksicht genommen wird, ja nicht selten werden sie bereits veröffentlicht, ehe eine Arbeit zu einem gewissen Abschlusse gebracht worden ist. Das läßt sich aber erst nach einem bestimmten Zeitabschnitte erreichen und ist daher die Aufgabe von Zeitschriften, welche die Forschungen von einem oder mehreren Jahren zusammenfassen. Es erscheint somit ein solches Jahrbuch, wie es hier vorliegt, ganz geeignet, aufklärend über neuere wissenschaftliche Fragen zu wirken. Das Jahrbuch beginnt mit der Vorführung einiger Entdeckungen am gestirnten Himmel. Es wird dann die Erdrinde in der Vergangenheit und Gegenwart kurz betrachtet, wobei die Veränderungen an der Erdoberfläche, die Verteilung von Wasser und Land sowie namentlich die Erscheinungen der Eiszeiten nach dem Ingenieur Reibisch durch ein regelmäßiges, sehr langsames Schwanken des Erdballs um eine den Äquator schneidende Achse erklärt werden. Durch eine solche sollen einzelne Gegenden der heißen Zone in höhere Breiten und umgekehrt versetzt werden. Die Untersuchungen über Erdbeben führen uns die gewaltigen Wirkungen dieser Erscheinung im letzten Jahre vor. Die Physik belehrt über einzelne Bewegungen der kleinsten Körperteilchen und besonders über die Ätherfrage sowie über die Kräfte des Luftmeeres, wobei auch die Sturmwarnungen und das Wetterschießen berührt werden. Die Chemie führt uns die neuen Elemente, hohe und tiefe Temperaturen vor. Aus der Biologie wird einzelnes zum Beweis der Abstammungslehre vorgeführt. Die Entdeckungen auf dem Gebiete der Welt der lebenden Wesen bringen manches Neue, ebenso die Vorgeschichte des Menschen und die Völkerkunde. Das ‚Jahrbuch' kann als sehr anregend und belehrend bezeichnet werden. Es ist in einem würdigen Ton gehalten und kann auch der reifen Jugend in die Hand gegeben werden."

Allgemeiner Anzeiger für Deutschlands Rittergutsbesitzer. „Wieder einmal ein durchaus gelungenes Volksbuch bester Art, dieser im Prochaska-Verlage in Wien, Leipzig und Teschen erschienene Jahrgang eines ‚Illustrierten Jahrbuchs der Erfindungen', das Mark 1.50 (Kronen 1.80) kostet, für diesen Preis aber geradezu unglaublich viel und überraschend Gutes bietet. Der Text des Werkes ist eine Musterleistung der volkstümlichen Behandlung technischer Themata, so interessant und verständlich, so anziehend sind sie für die Laienwelt, das große Publikum, Jugend und Volk schriftstellerisch abgefaßt. Es ist ein Vergnügen, dieses Werk zu lesen, man verfolgt seinen Inhalt mit einer wahren Spannung."



Verlag von Karl Prochaska, Leipzig, Wien, Teschen.

Die Welträtsel im Lichte der neueren physikalisch-chemischen u. astronom. Forschung.

Betrachtungen eines modernen Naturforschers von

Prof. P. Joh. Müller.

Broschiert Mk. 3.— = K 3.60, gebunden in Leinwand Mk. 4.— = K 4.80.

Was sein Titel verspricht, hält das Buch in reichstem Maße, denn kaum haben wir unter der Literatur der letzten Jahre ein Werk gesehen, das in so verhältnismäßig engem Rahmen eine größere Fülle von Tatsachen, Feststellungen, Ergebnissen, Hypothesen und Einzelmeinungen besprochen und bewertet oder doch wenigstens erwähnt hätte, wie dieses. Nichts von irgend welchem Belang ist auf den großen in Betracht kommenden Gebieten der Physik, Chemie, Kristallographie, Biologie und Astronomie in neuerer Zeit zu Tage gefördert worden, was nicht hier seinen Platz und seine Beleuchtung gefunden hätte. In sechs Abteilungen ist der immense Stoff geordnet. In den vier ersten — der Kampf um die Weltanschauung, die Raumenergie als Ursache der mechanischen Bewegungen, die Schwächen der kinetischen Gastheorie, Existenz des Äthers und seine Bezeichnungen zur Raumenergie — kulminiert alles ganz logischerweise, wie von selbst nach der Erkenntnis hin, daß die rein mechanische Erklärung der Natur völlig unzureichend ist, da nur der eine Teil der Natur, das Dynamische, unseren Experimenten zugänglich, also in gewissem Grade zu ergründen ist, während das psychische Prinzip, der andere Teil, der mit jenem zugleich die Welt regiert, unseren Messungen sich entzieht. Räumlich und inhaltlich ist das 5. Kapitel, „Raumenergetik und Weltanschauung", das bedeutendste. Hier werden die Schwächen des Darwin-Haeckelschen Entwicklungsprinzipes besonders scharf hervorgehoben und dessen Einseitigkeit und Lücken aufgezeigt — um nur eins da zu erwähnen: die „formgebärenden" Kristallisationskräfte hat es vollständig übersehen. Das hat denn der Verfasser gründlich nachgeholt unter Besprechung der Versuche von Richardt, Archibald, Przibam, Le Bon, Frischauer u. a. Zur Endlichkeit der Welt im astronomischen Sinne führt die Verwertung der Arbeiten von Wolf, W. Meyer, Pascal, v. Hauptmann, Pohle, Kobald, Seeliger, Newcomb u. a. Der Nachweis der Unhaltbarkeit der auf der Newtonschen Gravitation beruhenden Kantschen und Laplaceschen Kosmogonien durfte in diesem Zusammenhang nicht fehlen mit einer verdienstvollen und geistreichen Betrachtung der Psyche und alles dessen, was aus den behandelten Gebieten zu ihr in Beziehung steht, schließt dieser Teil, um hinüberzuleiten zu einem von dem Verfasser den 7 Du Bois-Reymondschen hinzugefügten achten Welträtsel, dem das letzte Kapitel des Buches gewidmet ist — dem scheinbar gänzlichen Fehlen eines höher organisierten außerirdischen Lebens im Weltall. Daß sich schwerlich irgendwo im Weltall so günstige Bedingungen für das Leben wiederfinden wie auf unserer Erde, der Versuch dieses Nachweises wird hier mit äußerstem Geschick unternommen. Im ganzen ein sehr dankenswertes Buch. . . .

„Unsere Welt" 1913, Nr. 11.

Neues vom Weltall. Von Prof. P. Joh. Müller.

Mk. 1.— = K 1.20.

Die vorliegende Schrift „Neues vom Weltall", in der das schwierige Kapitel „Gravitation oder Raumenergie" behandelt wird, bildet eine dankenswerte Ergänzung zu den „Welträtseln". Man kann getrost sagen, daß dem Verfasser nichts entgangen ist, was in der letzten Zeit Neues auf den großen Gebieten der Astronomie, Physik, Chemie und Biologie zu Tage gefördert worden ist. Wir empfehlen darum auch dieses Schriftchen aufs wärmste allen Freunden der Naturwissenschaft

„Voigtl. Anzeiger", 1914.

Preisermäßigung.

Zur Erleichterung des Nachbezuges früherer Jahrgänge werden von den **Illustr. Jahrbüchern der Erfindungen und der Weltgeschichte die Jahrgänge 1–8 (1901–1908), der Weltreisen 1–7 (1902–1908), der Naturkunde 1–6 (1903–1908), der Gesundheit, 1. Jahrgang solange der für diesen Zweck bestimmte Vorrat reicht, kart.** statt zu Mk. 1.50 (K 1.80) zu **Mk. 1.— (K 1.20), geb.** statt zu Mk. 2.— (K 2.40) zu **Mk. 1.50 (K 1.80)** abgegeben.

Alle Interessenten wollen diese günstige Gelegenheit zur Ergänzung durch einzelne Bände oder ganze Serien nicht ungenützt vorübergehen lassen.